Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

S C C S | **C S A S**

Secrétariat canadien de consultation scientifique | **Canadian Science Advisory Secretariat**

Document de recherche 2002/059 | **Research Document 2002/059**

Ne pas citer sans
Autorisation des auteurs * | Not to be cited without
permission of the authors *

Évaluation analytique et analyses de risque pour le stock de hareng (*Clupea harengus harengus* L.) de printemps de la côte ouest de Terre-Neuve (Division 4R de l'OPANO) en 2001

Analytical assessment and risk analyses for the stock of spring-spawning herring (*Clupea harengus harengus* L.) on the west coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) in 2001

François Grégoire et / and Louise Lefebvre

Direction des poissons et des mammifères marins / Marine Fish Mammals Branch
Ministère des Pêches et des Océans / Department of Fisheries and Oceans
Institut Maurice-Lamontagne / Maurice Lamontagne Institute
850 Route de la Mer
Mont-Joli, Québec
G5H 3Z4

* La présente série documente les bases scientifiques des évaluations des ressources halieutiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Ce document est disponible sur l'Internet à:

* This series documents the scientific basis for the evaluation of fisheries resources in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

This document is available on the Internet at:

http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/

ISSN 1480-4883
© Sa majesté la Reine, Chef du Canada, 2002
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2002
Canada

103-07489/

Résumé

Les résultats d'une **A**nalyse **S**équentielle des **P**opulations (**ASP**) révèlent que la biomasse reproductrice du stock des harengs (*Clupea harengus harengus* L.) reproducteurs de printemps de la division 4R de l'**OPANO** serait passée de 34 632 t en 1997 à 55 141 t en 2001, soit une valeur supérieure à la limite minimale acceptable (B_{LIM}) de 38 000 t et près de la limite tampon (B_{BLIM}) de 58 000 t. L'**ASP** révèle aussi que la mortalité par la pêche sur les plus vieux individus (8 ans et plus) a dépassé $F_{0.1}$ à quelques reprises à la fin des années 1960 et au début des années 1980 et pendant presque toutes les années 1990. Des mesures sévères de gestion appliquées depuis 1998 ont contribué à réduire significativement cette mortalité. Au niveau $F_{0.1}$, les captures prédites pour 2002 seraient de 6 763 t et celles correspondant à aucune baisse de biomasse, de 5 800 t. Pour des captures de 6 763 t, les probabilités qu'il y ait un accroissement de biomasse en 2003 seraient de moins de 10 %. Ces probabilités augmenteraient à 50 % avec des captures de l'ordre de 5 800 t. Ces résultats doivent cependant être interprétés avec prudence car ils ont été obtenus après qu'une valeur moyenne d'abondance ait été fixée aux recrues (âge 2) des classes d'âge de 1998 à 2000. La force réelle de ces classes d'âge n'a pu être évaluée en raison de l'absence d'un relevé acoustique en 2001.

Abstract

The results of a **S**equential **P**opulation **A**nalysis (**SPA**) reveal that the spawning biomass of the spring-spawning stock of Atlantic herring (*Clupea harengus harengus* L.) in **NAFO** Division 4R appears to have risen from 34,632 t in 1997 to 55,141 t in 2001, a value above the minimum acceptable limit (B_{LIM}) of 38,000 t and close to the buffer limit (B_{BLIM}) of 58,000 t. The **SPA** also reveals that fishing mortality among the oldest individuals (age 8 and older) exceeded the $F_{0.1}$ threshold on a few occasions in the late 1960s and the early 1980s and almost continuously throughout the 1990s. Strict management measures applied since 1998 have helped to reduce this mortality significantly. The predicted catch corresponding to the $F_{0.1}$ level in 2002 would be 6,763 t, and the catch corresponding to no reduction in biomass would be 5,800 t. With a catch of 6,763 t, the probability of an increase in biomass in 2003 would be less than 10 %. With a catch on the order of 5,800 t, this probability would increase to 50 %. These results should be interpreted cautiously, however, because they were obtained after an average abundance value was assigned to the recruits (age 2) in the 1998 to 2000 year-classes. The actual strength of these year-classes could not be assessed, because no acoustic survey was conducted in 2001.

INTRODUCTION

En eaux canadiennes, le hareng (*Clupea harengus harengus* L.) est l'objet d'une pêche commerciale qui se pratique principalement dans la baie de Fundy, le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, le sud du golfe du Saint-Laurent, la Côte Nord du Québec et la côte ouest de Terre-Neuve. À ce dernier endroit, l'espèce est caractérisée par la présence de deux groupes ou stocks reproducteurs dont l'abondance se mesure à l'aide d'un relevé acoustique bisannuel. Un second indice d'abondance, pour les reproducteurs de printemps seulement, est tiré des données d'une pêche au filet maillant qui se pratique dans la baie St-George (Figure 1).

L'objectif du présent document consistait à réaliser, à l'aide des plus récentes données disponibles, l'évaluation analytique (**A**nalyse **S**équentielle des **P**opulations ou **ASP**) de l'abondance des deux stocks de hareng de la côte ouest de Terre-Neuve. Cependant, l'**ASP** n'a pas été effectuée sur les reproducteurs d'automne puisque le relevé acoustique de 2001 n'a pas eu lieu et qu'il n'existe aucun autre indice d'abondance pour ce stock. Dans le cas des reproducteurs de printemps, un second objectif consistait à déterminer, pour la saison de pêche 2002, les niveaux acceptables des captures selon différents taux d'exploitation et changements dans la biomasse reproductrice.

INTRODUCTION

In Canadian waters, the Atlantic herring (*Clupea harengus harengus* L.) is harvested commercially mainly southwest of Nova Scotia, in the Bay of Fundy, in the southern Gulf of St. Lawrence, on the North Shore of Quebec and on the west coast of Newfoundland. At this last location, the species is characterized by the presence of two groups or stocks of spawners, whose abundance is measured in a biennial acoustic survey. A second abundance index, for the spring spawners only, is derived from the data from a gillnet fishery conducted in St. George's Bay (Figure 1).

The purpose of this document was to use the most recent data available to perform an analytical assessment (**S**equential **P**opulation **A**nalysis or **SPA**) of the abundance of the two herring stocks along the west coast of Newfoundland. However, no **SPA** was performed on the fall spawners, because the 2001 acoustic survey did not take place and there is no other abundance index for this stock. For the spring spawners, a second objective was to determine, for the 2002 fishing season, the acceptable catch levels assuming various exploitation rates and changes in the spawning stock biomass.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

ESTIMATION DES PARAMÈTRES DU STOCK

Données de la pêche commerciale

La capture à l'âge de la dernière évaluation analytique (McQuinn *et al.* 1999a) a été mise à jour en incluant les données des trois

MATERIAL AND METHODS

ESTIMATION OF STOCK PARAMETERS

Commercial fishery data

The catch at age from the last analytical assessment (McQuinn *et al.* 1999a) was updated with the data from the last three

dernières saisons de pêche (Grégoire *et al.* 2002) de sorte que pour les groupes d'âge 2 à 11^{+} ans inclusivement, la période couverte par l'**ASP** s'étend maintenant de 1965 à 2001 (Tableau 1). Les poids de la capture à l'âge (Tableau 2) ont été tirés des poids moyens à l'âge provenant des échantillons commerciaux (McQuinn, 1987; Grégoire *et al.* 2002). Ces poids ont permis de convertir la capture à l'âge qui est exprimée en nombre, en poids capturé à l'âge.

fishing seasons (Grégoire *et al.* 2002), so that for age groups 2 to 11^{+} inclusive, the period covered by the **SPA** now extends from 1965 to 2001 (Table 1). The weights of the catch at age (Table 2) were taken from the mean weights at age in the commercial samples (McQuinn, 1987; Grégoire *et al.* 2002). These weights were used to convert the catch at age in numbers into catch at age in weight.

Les poids moyens à l'âge des échantillons provenant de la pêche automnale (quatrième trimestre) à la senne bourse (Tableau 3) ont permis de convertir les nombres à l'âge, un résultat de l'**ASP**, en biomasse de la population à l'âge. La période automnale a été choisie puisqu'elle représente le moment de l'année qui est le mieux couvert par l'échantillonnage commercial (McQuinn *et al.* 1999a).

The mean weights at age of the samples from the fall (fourth quarter) purse seine fishery (Table 3) were used to convert the population numbers at age, a result from the **SPA**, into biomass at age. The fall was chosen because it is the time of year for which the commercial sampling provides the best coverage (McQuinn *et al.* 1999a).

La maturité à l'âge (Tableau 4) a aussi été mise à jour en incluant les données biologiques recueillies à quai entre 1999 et 2001 (Grégoire *et al.* 2002). Ces données ont été tirées des débarquements de la pêche à la senne bourse réalisée lors du second trimestre (avril-juin). La maturité à l'âge est utilisée pour convertir les biomasses de la population à l'âge en biomasses reproductrices à l'âge.

The statistics on maturity at age (Table 4) were also updated by including the biological data collected at dockside from 1999 to 2001 (Grégoire *et al.* 2002). These data were taken from the purse seine fishery landings made during the second quarter (April-June). The maturity at age statistics were used to convert the population figures for biomass at age into figures for spawning stock biomass at age.

Indices d'abondance

Abundance indexes

Le premier indice d'abondance à être inséré dans l'**ASP** concerne les nombres à l'âge de la population mesurés par le relevé acoustique (McQuinn *et al.* 1999b). La période utilisée pour le calibrage de l'**ASP** s'étend de 1991 à 1999 et comprend les âges 2 à 11^{+} (Tableau 5).

The first abundance index to be inserted into the **SPA** concerns the population numbers at age measured in the acoustic survey (McQuinn *et al.* 1999b). The period used to calibrate the **SPA** runs from 1991 to 1999 and comprises ages 2 to 11^{+} (Table 5).

Les taux de capture à l'âge (unités arbitraires) d'une pêche commerciale aux

The second abundance index used in the **SPA** consists of catch rates at age (measured

filets maillants dans la baie St-George représentent le second indice d'abondance utilisé dans l'**ASP**. Ces taux de capture ont été calculés à partir des données de pêche provenant d'une dizaine de livres de bord (pêcheurs repères et de l'industrie) et uniformisés selon un modèle multiplicatif (Gavaris 1980). Les variables de regroupement utilisées dans ce modèle sont l'année, le mois et la région de pêche (Annexe 1). La période utilisée pour le calibrage s'étend de 1985 à 2001 et inclue les groupes d'âge 3 à 11^{+} (Tableau 6).

in arbitrary units) for a commercial gillnet fishery in St. George's Bay. These catch rates were calculated from fishing data from ten logbooks (kept by index fishers and commercial fishers) and standardised by a multiplicative model (Gavaris 1980). The grouping variables used in this model are the year, the month, and the fishing area (Annex 1). The period used for the calibration extends from 1985 to 2001 and includes age groups 3 to 11^{+} (Table 6).

Calibrage de l'Analyse Séquentielle des Populations (ASP)

L'**ASP** a été réalisée à l'aide du logiciel ADAPT, version 2.1 (Gavaris 1999) et des indices d'abondance à l'âge des relevés acoustiques (**RA** dans les équations suivantes) et de la pêche aux filets maillants (**PUE**). La formulation utilisée demeure la même que celle employée lors de la dernière évaluation analytique de ce stock (McQuinn *et al.* 1999a). Cette formulation assume que l'erreur de mesure associée à la capture à l'âge est négligeable et que celles reliées aux deux indices d'abondance (logarithmes naturels) sont indépendantes et de même distribution. Les principaux éléments de cette formulation sont :

Calibration of the Sequential Population Analysis (SPA)

The **SPA** was performed using ADAPT software Version 2.1 (Gavaris 1999) and the abundance at age indexes from the acoustic surveys (**RA** in the following equations) and the gillnet fishery (**PUE**). The same formulation was used as in the last analytical assessment of this stock (McQuinn *et al.* 1999a). This formulation assumes that the measurement error associated with the catch at age is negligible and that those associated with the two abundance indexes (natural logarithms) are independent and have the same distribution. The main elements in this formulation are as follows:

1) **Paramètres:**

- ***Population en nombre en 2002*** :
  $N_{i,1}$ (i=âges 5, 6,.....11^{+}; t=2002)
- ***Coefficients de calibration*** :
  $q(PUE)_i$ (i=3, 4,.....11^{+})
  $q(RA)_i$ (i=2, 3,.....11^{+})
- ***Nombre de paramètres*** : 26, dont 7 $N_{i,1}$, 9 $q(PUE)_i$ et 10 $q(RA)_i$

1) **Parameters**

- ***Population in numbers in 2002***:
  $N_{i,1}$ (i=ages 5, 6,.....11^{+}; t=2002)
- ***Calibration coefficients***:
  $q(PUE)_i$ (i=3, 4,.....11^{+})
  $q(RA)_i$ (i=2, 3,.....11^{+})
- ***Number of parameters***: 26 including 7 $N_{i,1}$, 9 $q(PUE)_i$, and 10 $q(RA)_i$

2) **Structure imposée :**

- ***Mortalité naturelle (M)*:**
  Fixée à 0.2 pour tous les âges et toutes les années

- ***Mortalité par la pêche (F)* :**
  F à l'âge 11$^+$ = F à l'âge 10 et calculée selon la méthode des FRATIO (Gavaris 1999)

- ***Recrutement* :**
  Fixé à l'âge 2 pour les classes d'âge 1998, 1999 et 2000 et égal au niveau moyen du recrutement (voir texte)

- ***Ordonnée à l'origine* :**
  Terme non inclus dans le modèle

3) **Données d'entrée :**

- ***Capture à l'âge* :**
  $C_{i,t}$ (i=2, 3,...11$^+$; t=1965-2001)

- ***PUE de la pêche* :**
  $PUE_{i,t}$ (i=3,4,...11$^+$; t=1985.4-2001.4)

- ***Abondance (N) du relevé acoustique (RA)* :**
  $RA_{i,t}$ (i=2,3,...11$^+$; t=1991.9, 1993.9, 1995.8, 1997.8 et 1999.8)

- ***Nombre total d'observations* :** 190, dont 141 pour les PUE et 49 pour les RA

2) **Structure imposed**

- ***Natural mortality (M)*:**
  Set at 0.2 for all ages and years

- ***Fishing mortality (F)*:**
  F at age 11$^+$ = F at age 10 and calculated using FRATIO method (Gavaris 1999)

- ***Recruitment*:**
  Set at age 2 for the 1998, 1999 and 2000 year-classes and equal to the mean level of recruitment (see text)

- ***Ordinate at origin*:**
  Term not included in the model

3) **Input data**

- ***Catch at age*:**
  $C_{i,t}$ (i=2, 3,...11$^+$; t=1965-2001)

- ***PUE from the fishery*:**
  $PUE_{i,t}$ (i=3,4,...11$^+$; t=1985.4-2001.4)

- ***Abundance (N) from the acoustic survey (RA)*:**
  $RA_{i,t}$ (i=2,3,...11$^+$; t=1991.9, 1993.9, 1995.8, 1997.8 and 1999.8)

- ***Total number of observations*:** 190 including 141 PUE values and 49 RA values

4) **Fonction à minimiser:**

4) **Function to be minimised**

$$\sum_t \sum_i (\ln PUE_{i,t} - \ln(q(PUE)_i N_{i,t}))^2 + \sum_t \sum_i (\ln RA_{i,t} - \ln(q(RA)_i N_{i,t}))^2$$

Le calibrage de l'**ASP** a été réalisé à l'aide de l'algorithme de Marquardt (Gavaris 1988) en minimisant la somme des carrés entre les valeurs "observées" des indices d'abondance et "prédites" par l'**ASP** et le modèle proportionnel de capturabilité. Les valeurs 0 associées aux deux indices d'abondance ont été traitées par ADAPT comme étant des données manquantes.

The **SPA** was calibrated using Marquardt's algorithm (Gavaris 1988), minimising the sum of the squares between the "observed" values from the abundance indexes and the "predicted" values derived from the **SPA** and the proportional catchability model. The ADAPT software treated the values of 0 associated with the abundance indexes as missing data.

Les paramètres estimés par ADAPT sont probablement biaisés puisque la calibration de l'**ASP** implique un modèle non linéaire. Des corrections ont donc été apportées en

The parameters estimated by ADAPT are probably biased, because the calibration of the **SPA** assumes a non-linear model. We therefore made some corrections by

calculant ce biais selon une approche analytique, c'est-à-dire à l'aide d'une approximation linéaire, et par l'utilisation d'une procédure bootstrap (Gavaris 1999).

Analyse Rétrospective

Une analyse rétrospective (Sinclair *et al.* 1991) a été réalisée dans le but de mesurer les divergences possibles entre les résultats de la présente **ASP** (version analytique seulement) et ceux obtenus au cours des évaluations précédentes. La présence d'un patron rétrospectif a été examinée pour les nombres à l'âge, la biomasse et la mortalité par la pêche des groupes d'âge 2^+ et finalement pour les classes d'âge qui ont dominé la pêche depuis 1965.

Projections des captures en 2002

Les captures projetées selon $F_{0.1}$ pour 2002 ont été obtenues à partir des nombres à l'âge de la population ($N_{i,2002}$) déterminés et ajustés pour le biais par ADAPT (version bootstrap), du recrutement partiel, et des mortalités par la pêche (F) et naturelle (M). Ces paramètres ont d'abord permis de calculer les nombres à l'âge de la population au début de 2003 par la relation suivante :

$$N_{i,2003} = N_{i,2002} \bullet e^{-(F+M)}$$

et les mortalités totales au cours de l'année 2002, par la différence entre $N_{i,2002}$ et $N_{i,2003}$. Les captures projetées ont été déterminées par le produit des mortalités totales par la proportion de mortalité attribuée à la pêche, c'est-à-dire le produit du recrutement partiel par $F_{0.1}$, ce paramètre ayant déjà été estimé à 0.3 (McQuinn *et al.* 1999a). Le recrutement partiel a été déterminé à partir des mortalités moyennes à l'âge par la pêche (1999-2001)

calculating this bias using an analytical approach, that is, by means of a linear approximation and the use of a bootstrap procedure (Gavaris 1999).

Retrospective Analysis

A retrospective analysis (Sinclair *et al.* 1991) was performed to measure the possible discrepancies between the results from the present **SPA** (analytical version only) and those obtained in the preceding assessments. The presence of a retrospective pattern was examined for numbers at age, biomass, and fishing mortality for age groups 2^+, and finally, for the year-classes that have dominated the fishery since 1965.

Catch Projections for 2002

The projected catches at fishing mortality level $F_{0.1}$ for 2002 were obtained from the population numbers at age ($N_{i,2002}$), determined and adjusted for bias by the bootstrap version of ADAPT, partial recruitment, fishing mortality (F), and natural mortality (M). These parameters were first used to calculate the numbers at age for the population at the start of 2003 by the following equation:

$$N_{i,2003} = N_{i,2002} \bullet e^{-(F+M)}$$

and the total mortalities in the course of 2002 by the difference between $N_{i,2002}$ and $N_{i,2003}$. The projected catches were determined by multiplying the total mortalities by the proportion of mortality attributed to fishing, that is, by multiplying partial recruitment by $F_{0.1}$, this parameter having already been estimated at 0.3 (McQuinn *et al.* 1999a). Partial recruitment was determined from the mean fishing

produites par ADAPT.

mortalities at age (1999-2001) generated by ADAPT.

Les rendements projetés en 2002 ont été obtenus par le produit entre les captures projetées et les poids moyens (1999-2001) à l'âge tirés des échantillons de la pêche commerciale. Les nombres à l'âge de la population en début de 2002 ont été convertis en biomasse à l'aide des poids moyens à l'âge provenant des échantillons recueillis lors du quatrième trimestre de 2001.

The projected yields for 2002 were obtained by multiplying the projected catches by the mean weights (1999-2001) at age taken from the commercial samples. The numbers at age for the population at the start of 2002 were converted into biomass using the mean weights at age from the samples collected in the fourth quarter of 2001.

Les captures en 2002 ont aussi été projetées pour différentes valeurs de mortalité par la pêche. Ces valeurs ont été converties en taux d'exploitation ce qui a permis d'examiner les changements correspondants de biomasse en début de 2003.

The 2002 catches were also projected for various fishing mortality values. These values were converted into exploitation rates, allowing us to examine the corresponding differences in biomass at the start of 2003.

Analyses de risque

Risk Analyses

Un certain niveau d'imprécision est associé aux projections des captures et des biomasses en raison des incertitudes reliées à la taille réelle des classes d'âge. Ces incertitudes ont été exprimées par le risque de ne pas atteindre certains niveaux de référence selon un choix de différents quotas ou **T**otal **A**dmissible des **C**aptures (**TAC**).

A certain degree of imprecision is associated with the catch and biomass projections, because of uncertainties about the actual size of the year-classes. These uncertainties have been expressed as the risk of not attaining certain reference levels according to a choice of different quotas or **T**otal **A**llowable **C**atches (**TAC**).

Des analyses de risque (Gavaris et Sinclair 1998) ont été réalisées par la procédure bootstrap d'ADAPT. Cette procédure permet d'estimer de nouveaux nombres à l'âge de la population par le ré-échantillonnage des résiduels obtenus lors de la première estimation. Les analyses de risque ne tiennent cependant pas compte des incertitudes reliées à la mortalité naturelle, aux poids à l'âge et au recrutement partiel.

Some risk analyses (Gavaris and Sinclair 1998) have been performed using the ADAPT bootstrap procedure, in which new numbers at age for the population are estimated by resampling the residuals obtained in the first estimate. Such risk analyses do not, however, take any account of the uncertainties associated with natural mortality, weights at age, and partial recruitment.

Les nombres à l'âge de la population en début de 2002 ont été estimés à 1000 reprises, et à chaque itération, des

The numbers at age of the population at the start of 2002 were estimated 1,000 times, and on each iteration, projected catches were

projections des captures ont été calculées pour différentes valeurs de **TAC**. Les résultats obtenus ont permis d'estimer les probabilités suivantes : (a) que la biomasse de 2003 est inférieure à celle de 2002, (b) qu'il y a une augmentation de la biomasse de moins de 5 % entre 2002 et 2003, et (c) que les mortalités par la pêche ne dépassent pas $F_{0.1}$.

calculated assuming various values for **TAC**. The results were used to estimate the following probabilities: (a) that the biomass will be lower in 2003 than in 2002, (b) that the biomass will increase by less than 5 % between 2002 and 2003, and (c) that fishing mortalities will not exceed $F_{0.1}$.

Approche de Précaution

La loi sur les Océans du Canada signée en 1997 promulgue l'utilisation de l'Approche de Précaution dans la conservation, la gestion et l'exploitation des ressources halieutiques. Son application nécessite la mise en place d'objectifs qui tiennent compte de la conservation des stocks, des conditions environnementales et socio-économiques, de l'identification de résultats néfastes et d'une plus grande prudence en présence d'incertitude. Son application nécessite aussi la mise en place de stratégies correctives par l'établissement de points de références. Jusqu'à présent, l'approche de précaution n'a pas réellement été appliquée ce qui a permis la présence de situations où des stocks ont été poussés à la limite de la surexploitation et à la réouverture de certaines pêcheries sur des stocks effondrés sans que ces derniers n'aient montré suffisamment de signes de reconstruction (Shelton et Rice, 2002).

Precautionary Approach

Canada's *Oceans Act*, signed in 1997, promotes the use of a precautionary approach to the conservation, management, and use of marine resources. In order to enforce this legislation, objectives must be established that take into account conservation requirements; environmental, social, and economic conditions; the need to identify adverse impacts; and the need to exercise greater caution in the presence of uncertainty. Enforcement of this Act also requires corrective strategies to be implemented through the establishment of reference points. To date, the precautionary approach has not really been applied. This has resulted in situations where stocks have been pushed to the limit of over-exploitation and where certain fisheries have been reopened for collapsed stocks, even though they have not shown sufficient signs of rebuilding (Shelton and Rice, 2002).

Des points de références ont déjà été établis pour le hareng de la côte ouest de Terre-Neuve (McQuinn *et al.* 1999a). Ces derniers ont été examinés en fonction des résultats de la présente évaluation analytique.

Some reference points have already been established for the herring of the west coast of Newfoundland (McQuinn *et al.* 1999a). These reference points have been examined in light of the results of the present analytical assessment.

RÉSULTATS

RESULTS

DESCRIPTION DU STOCK

STOCK DESCRIPTION

La capture à l'âge des harengs de printemps de 2001 est caractérisée par la dominance de la classe d'âge de 1996 (Tableau 1. Figure 2A). Cette dernière est suivie des classes d'âge de 1995. 1997 et 1994. À elles seules. ces 4 classes d'âge comptent pour près de 90 % de toutes les captures réalisées en 2001. D'autres classes d'âge dominantes ont été observées dans le passé. dont celles de 1968. 1980 et 1982 (Figure 2B).

The catch at age of spring herring in 2001 is characterized by the dominance of the 1996 year-class (Table 1. Figure 2A). followed by the 1995. 1997. and 1994 year-classes. These 4 year-classes. combined. account for nearly 90 % of the entire 2001 catch. Other dominant year-classes have been observed in the past. including those of 1968. 1980 and 1982 (Figure 2B).

Les captures (t) de hareng ont grandement fluctué au cours des ans (Figure 3A). Une tendance nette à la baisse est observée au début des années 1980 et 1990. Ces deux périodes sont aussi caractérisées par une diminution de l'âge moyen des captures (Figure 3B).

The weight of the herring catch (in tonnes) has fluctuated greatly over the years (Figure 3A). A clear downward trend was observed at the start of the 1980s and 1990s. During both periods. the mean age of the catch also declined (Figure 3B).

Des variations annuelles sont observées dans les poids moyens à l'âge calculés à partir des échantillons biologiques (Tableau 2. Figure 4A). Les poids moyens à l'âge les plus élevés ont été obtenus dans les années 1980. La même conclusion s'applique pour les poids moyens associés aux échantillons couvrant uniquement les débarquements des senneurs du quatrième trimestre (Tableau 3. Figure 4B).

Annual variations can be seen in the mean weights at age calculated from the biological samples (Table 2. Figure 4A). The highest mean weights at age were obtained in the 1980s. The same conclusion applies for the mean weights obtained from the samples that covered only the purse seine landings from the fourth quarter (Table 3. Figure 4B).

À 5 ans. la maturité sexuelle est atteinte chez presque tous les harengs de printemps (Tableau 4. Figure 4C). En 2001. pour les groupes d'âge 3 et 4. elle se situait à plus de 95 %. Au cours des dernières années. l'âge à la maturité sexuelle a aussi diminué par rapport aux années 1960 et 1970.

At age 5. almost all of the spring herring have attained sexual maturity (Table 4. Figure 4C). In 2001. for age groups 3 and 4. the figure was over 95 %. In recent years. age at sexual maturity has also decreased compared with the 1960s and 1970s.

INDICES D'ABONDANCE

ABUNDANCE INDEXES

L'abondance des harengs de printemps. telle que mesurée par les relevés acoustiques. a graduellement chuté entre 1991 et 1997 (Tableau 5. Figure 5A). Cette diminution a été causée à la fois par le déclin des classes d'âge de 1980. 1982 et 1987 qui étaient très

The abundance of spring herring. as measured by the acoustic surveys. fell gradually from 1991 to 1997 (Table 5. Figure 5A). This decrease was due both to a decline in the 1980. 1982. and 1987 year-classes. which were very strong in 1991. and

fortes en 1991, et l'absence par la suite de nouvelles classes d'âge abondantes (Figure 5B). L'abondance de ce stock reproducteur a légèrement augmenté entre 1997 et 1999 grâce à la présence des classes d'âge de 1994, 1995 et 1996. Une très grande variabilité est associée à l'estimation de biomasse de 1991 (Figure 5C) et aucun changement significatif de biomasse n'est observé entre les trois derniers relevés.

the subsequent absence of any new abundant year-classes (Figure 5B). The abundance of this spawning stock increased slightly from 1997 to 1999, thanks to the presence of the 1994, 1995, and 1996 year-classes. A very high variability is associated with the estimate of biomass for 1991 (Figure 5C), and no significant changes in biomass have been observed between the last three surveys.

L'analyse de variance réalisée sur les taux de capture des filets maillants s'est avérée significative de même que la contribution de chacun des paramètres à la régression multiple ($p<0.0001$) (Annexe 1). Le modèle explique à lui seul 50.34 % de la variance totale. Les taux de capture de la pêche aux filets maillants présentent une nette tendance à la baisse entre 1985 et 1998 (Tableau 6, Figure 6A). Cette baisse est surtout attribuable aux déclins des classes d'âge dominantes de 1980 et 1982 qui n'ont pas réellement été remplacées au cours des années suivantes (Figure 6B). Par contre, l'augmentation récente des taux de capture semble avoir été causée par l'arrivée des classes d'âge de 1994 et 1995 dont l'abondance est supérieure à celle des classes d'âge qui ont été observées depuis la fin des années 1980. L'arrivée d'une classe d'âge dans cet indice d'abondance se fait lorsque les poissons qui la composent atteignent 4 ou 5 ans comparativement aux âges 2 et 3 ans dans le cas du relevé acoustique.

The analysis of variance performed on the gillnet catch rates was found to be significant, as was the contribution of each of the parameters to the multiple regression ($p<0.0001$) (Annex 1). The model on its own explains 50.34 % of the total variance. The gillnet catch rates display a clear downward trend from 1985 to 1998 (Table 6, Figure 6A), attributable chiefly to the decline of the dominant 1980 and 1982 year-classes, which were never really replaced in the ensuing years (Figure 6B). On the other hand, the recent increase in the catch rates seems to have been caused by the arrival of the 1994 and 1995 year-classes, which are more abundant than the year-classes that have been observed since the late 1980s. A given year-class gets included in this abundance index when the fish composing it reach age 4 or 5, compared with age 2 or 3 in the index from the acoustic survey.

ÉTAT DU STOCK

ASP : Mesures d'erreurs, résiduels et corrélations

Des coefficients de variation (CV) élevés de 79.3 % et 55.9 % sont associés aux estimations d'abondance des groupes d'âge 5 et 6 ans en 2002 (Tableau 7). Pour les autres groupes d'âge, les CV varient entre 33.8 % et 46.6 %. Pour les coefficients de capturabilité des filets maillants, le CV le plus élevé est de 36 % pour le groupe d'âge 3. Chez les autres groupes d'âge, ils varient entre 19 % et 20.4 %. Des valeurs plus élevées, de l'ordre de 35.8 % à 41.3 %, sont associées aux coefficients de capturabilité des relevés acoustiques.

Les coefficients de capturabilité des filets maillants augmentent graduellement entre les âges 3 et 9 ans et demeurent constants par la suite (Tableau 7). Ceux des relevés acoustiques augmentent très légèrement entre 2 et 9 ans mais doublent aux âges 10 et 11+ ans. La matrice des corrélations ne présente pas de valeurs élevées qui pourraient traduire une dépendance entre certains des paramètres estimés par l'**ASP** (Tableau 8).

La taille moyenne de tous les résiduels (élevés au carré) est de 0.688. Pour les deux indices d'abondance, les résiduels ne présentent pas de patrons importants selon l'année (Figure 7A) ou l'âge dans le cas du relevé acoustique (Figure 7B). Ce dernier présente cependant des résiduels élevés pour l'âge 5 en 1991 et l'âge 9 en 1997. Pour les taux de capture des filets maillants, des résiduels élevés sont observés à la fois chez les plus jeunes et les plus vieux groupes d'âge pour la période précédant l'arrivée du relevé acoustique (Figure 7C).

STOCK STATUS

SPA: Error measurements, residuals and correlations

The abundance estimates for age groups 5 and 6 in 2002 have high coefficients of variation: 79.3 % and 55.9 % (Table 7). For the other age groups, the coefficients of variation range from 33.8 % to 46.6 %. For the gillnet catchability coefficients, the highest coefficient of variation is 36 %, for age group 3. The coefficients of variation for the other age groups range from 19 % to 20.4 %. The catchability coefficients from the acoustic surveys have higher coefficients of variation, on the order of 35.8 % to 41.3 %.

The gillnet catchability coefficients increase gradually from ages 3 to 9, then remain steady (Table 7). Those from the acoustic surveys increase very slightly from age 2 to age 9, but double at ages 10 and 11+. The correlation matrix does not contain any high values that might reflect a dependency between certain of the parameters estimated by the **SPA** (Table 8).

The mean size of all the squared residuals is 0.688. For the two abundance indexes, the residuals do not show any major patterns by year (Figure 7A) or by age in the case of the acoustic survey (Figure 7B). The acoustic survey does, however, show high residuals for age 5 in 1991 and age 9 in 1997. For the gillnet catch rates, high residuals are observed both for the youngest and for the oldest age groups for the period preceding the arrival of the acoustic survey (Figure 7C).

Malgré la présence de résiduels élevés, les valeurs d'abondance observées et prédites par le relevé acoustique sont assez similaires (Figure 8). Les valeurs d'abondance associées aux filets maillants s'accordent assez bien sauf pour le groupe d'âge 3 qui est mal évalué par l'**ASP**, de même que l'âge 10 en 1987 et l'âge 11 en 1989 et 1990 (Figure 9). Ces groupes se caractérisent par l'absence de relation entre les valeurs d'abondance observées et prédites.

Despite the presence of high residuals, the abundance values observed and predicted by the acoustic survey are fairly similar (Figure 8). The abundance values from the gillnet data match fairly closely, except for age group 3, which is poorly estimated by the **SPA**, as is age 10 in 1987 and age 11 in 1989 and 1990 (Figure 9). For these groups, there is no relationship between the observed and predicted abundance values.

Analyse rétrospective

Les estimations successives de l'abondance des classes d'âge (à l'âge 2) qui ont dominé la pêche depuis 1965 présentent des résultats identiques quelque soit l'année de l'évaluation (Figures 10A et 10B). Une légère tendance à sous-estimer les nombres (totaux) réels est mesurée entre 1997 et 2001 inclusivement (Figure 11A). Cette tendance s'accompagne d'une surestimation des nombres entre 1994 et 1996 et d'une sous-estimation importante de ces derniers lorsque l'analyse rétrospective n'est réalisée qu'avec les taux de capture des filets maillants (Figure 11A). Cependant, dans ce dernier cas, l'analyse rétrospective n'a été effectuée qu'avec 3 années seulement de données.

Retrospective analysis

The successive estimates of the abundance (at age 2) of the year-classes that have dominated the fishery since 1965 yield identical results regardless of the year of the assessment (Figures 10A and 10B). A slight tendency to underestimate the real total numbers is seen from 1997 through 2001 (Figure 11A), along with an overestimate of the numbers from 1994 to 1996 and a sizeable underestimate of these numbers when the retrospective analysis is performed using only the gillnet catch rates (Figure 11A). However, in this last case, the retrospective analysis was done with only three years of data.

Les mêmes résultats sont obtenus lorsque l'analyse rétrospective est réalisée sans la présence des classes d'âge de 1998, 1999 et 2000 pour lesquelles une abondance moyenne a été attribuée à l'âge 2 (Figure 11B). Aucun patron particulier n'est observé et aucune erreur de lecture d'âge n'est décelée pour les estimations rétrospectives réalisées par groupe d'âge (Figure 12).

The same results are obtained when the retrospective analysis is performed in the absence of the 1998, 1999, and 2000 year-classes, for which an average abundance at age 2 was assigned (Figure 11B). No particular patterns were observed, and no errors in age readings were detected for the retrospective estimates performed by age group (Figure 12).

À l'exception de 1993, l'analyse rétrospective révèle une légère tendance à sous-estimer les biomasses réelles des

Except for 1993, the retrospective analysis reveals a slight tendency to underestimate the actual biomasses in the 1990s

années 1990 (Figures 13A et 13B). Au cours de la même période. la mortalité par la pêche (Figure 14A) de même que les taux d'exploitation (Figure 14B) ont légèrement été surévalués.

(Figures 13A and 13B). For the same period. fishing mortality (Figure 14A) and exploitation rates (Figure 14B) were slightly overestimated.

Résultats de l'ASP

L'**ASP** révèle que la fin des années 1960 de même que le milieu des années 1980 ont été caractérisés par une augmentation significative de l'abondance des harengs (Tableaux 9 et 10. Figure 15A). Des taux de recrutement élevés caractérisent ces deux périodes (Figure 15B) et sont associés aux classes d'âge de 1968. 1969. 1980 et 1982 (Figure 15C). À deux ans. l'abondance des classes d'âge de 1994. 1995 et 1996 était légèrement plus élevée que la moyenne et du même ordre de grandeur que celle des classes d'âge de 1963. 1966. 1974. 1987 et 1990. Les classes d'âge de 1994 à 1996 sont aussi responsables de l'augmentation récente de la biomasse reproductrice qui est passée de 34 632 t en 1997 à 55 141 t en 2001 (Figure 15A).

SPA Results

The **SPA** reveals that the herring became significantly more abundant in the late 1960s and the mid-1980s (Tables 9 and 10. Figure 15A). Both of these periods were characterized by high recruitment rates (Figure 15B). associated with the 1968. 1969. 1980. and 1982 year-classes (Figure 15C). At age 2. the abundance of the 1994. 1995 and 1996 year-classes was slightly higher than the average and of the same order of magnitude as that of the 1963. 1966. 1974. 1987. and 1990 year-classes. The 1994 to 1996 year-classes have also been responsible for the recent increase in spawning stock biomass. which rose from 34.632 t in 1997 to 55.141 t in 2001 (Figure 15A).

L'**ASP** révèle aussi que la mortalité par la pêche sur les plus vieux individus (8 ans et plus) a dépassé le seuil du $F_{0.1}$ au milieu des années 1960. en 1982. en 1983 et pendant presque toutes les années 1990 (Tableau 11. Figure 16). En réponse aux mesures sévères de gestion appliquées depuis 1998. une chute importante de cette mortalité a été enregistrée en 1999. autant pour les individus âgés que pour les plus jeunes.

The **SPA** also reveals that fishing mortality among the oldest individuals (age 8 and older) exceeded the $F_{0.1}$ threshold in the mid-1960s. in 1982. in 1983. and throughout almost the entire 1990s (Table 11. Figure 16). In response to the strict management measures that have been applied since 1998. this mortality fell substantially in 1999. among both the oldest and the youngest individuals.

Le déclin de l'abondance des classes d'âge dominantes est très rapide entre les âges 2 et 5 ans (Figure 17). Dans certains cas. il se poursuit même jusqu'à l'âge 7. Les classes d'âge de 1968. 1980 et 1982 sont parmi les classes d'âge dont l'abondance a décliné le plus rapidement.

The abundance of the dominant year-classes declines very rapidly from ages 2 to 5 (Figure 17) and in some cases even continues to do so until age 7. The 1968. 1980. and 1982 year-classes are among those whose abundance fell most rapidly.

PERSPECTIVES

Reproducteurs de printemps

La situation de ce stock reproducteur s'est améliorée depuis la dernière évaluation analytique de 1999. La biomasse reproductrice de 55 141 t (Tableau 10) calculée en 2001 se situe maintenant au-delà de la limite minimale acceptable (B_{LIM}) de 38 000 t et près de la limite tampon (B_{BUF}) fixée à 58 000 t. Dans le cas présent, B_{LIM} correspond à 20 % de la biomasse reproductrice maximale de toute la série historique et B_{BUF} à la biomasse reproductrice qui a produit la dernière classe d'âge abondante (McQuinn *et al.* 1999a). Pour 2002, les captures associées à $F_{0.1}$ ont été estimées à 6 763 t (Tableau 12) et celles correspondant à aucune baisse de biomasse, à 5 800 t (Figure 18).

L'analyse de risque présente aussi des résultats plus optimistes que celle réalisée en 1999. Par exemple, pour des captures allouées de 3 400 t en 2000, les probabilités de dépasser $F_{0.1}$ en 2001 étaient de 50 %. Si les mêmes captures étaient réalisées en 2002, ces probabilités passeraient à 0 % et celles de voir augmenter la biomasse mature de 5 % entre 2002 et 2003 seraient de 60 % (Figure 19). Si les captures de hareng en 2002 étaient de 6 763 t, une valeur similaire aux prises de 2001 et associée au $F_{0.1}$, les probabilités qu'il y ait un accroissement de biomasse en 2003 seraient de moins de 10 %. Ces probabilités augmenteraient à 50 % avec des captures de l'ordre de 5 800 t.

OUTLOOK

Spring spawners

The state of the spring spawning stock has improved since the last analytical assessment in 1999. Its biomass was calculated at 55.141 t (Table 10) in 2001, so it now exceeds the minimum acceptable limit (B_{LIM}) of 38.000 t and is close to the established buffer limit (B_{BUF}) of 58.000 t. In this case, B_{LIM} has been defined as 20 % of the largest spawning stock biomass in the entire time series and B_{BUF} as the spawning stock biomass that produced the last abundant year-class (McQuinn *et al.* 1999a). For 2002, the catch corresponding to $F_{0.1}$ has been estimated at 6.763 t (Table 12), and the catch corresponding to no reduction in biomass at 5.800 t (Figure 18).

The risk analysis also presents more optimistic results than the one done in 1999. For example, for the 3.400 t catch allowed in 2000, the probability of exceeding $F_{0.1}$ in 2001 was 50 %. If this same catch were to be made in 2002, the probability of exceeding $F_{0.1}$ in 2003 would fall to 0 %, and the probability that the mature biomass would increase by 5 % from 2002 to 2003 would be 60 % (Figure 19). If the 2002 herring catch were 6.763 t, the value associated with $F_{0.1}$ for the 2001 catch, the probability that the biomass would increase in 2003 would be less than 10 %. But with a 2002 catch on the order of 5.800 t, this probability would increase to 50 %.

Reproducteurs d'automne

La biomasse reproductrice du stock des harengs d'automne n'a pu être évaluée en 2001 en raison de l'absence d'un relevé acoustique. Aucune modification au dernier avis scientifique ne peut donc être formulée quant au niveau acceptable des prises en 2002. L'industrie a cependant signalé que le hareng avait été très abondant à l'automne ce qui représente une très bonne nouvelle.

Fall spawners

The spawning stock biomass of the fall-spawning herring could not be estimated in 2001, because no acoustic survey was conducted. No modification to the most recent scientific opinion can therefore be formulated with respect to the acceptable catch level in 2002. The industry has, however, reported that the herring were very abundant in the fall, which is very good news.

DISCUSSION

DISCUSSION

CONSIDÉRATIONS DE GESTION

MANAGEMENT CONSIDERATIONS

Le stock des harengs reproducteurs de printemps est caractérisé par l'arrivée périodique de classes d'âge dominantes dont certaines sont exceptionnellement très fortes. De telles classes sont apparues pour la dernière fois en 1968, 1980 et 1982. Depuis, la production de ce stock repose sur des classes d'âge de très faible abondance ou d'abondance moyenne. La probabilité que ce stock produise une très forte classe d'âge diminue nettement pour des biomasses reproductrices inférieures à 58 000 t ou $\mathbf{B_{BUF}}$ (Figure 20). Selon l'**ASP**, les biomasses reproductrices de ce stock ont été sous la valeur de $\mathbf{B_{BUF}}$ depuis 1994.

The spring-spawning herring stock is characterized by the periodic appearance of dominant year-classes, some of which are exceptionally abundant. Such year-classes last appeared in 1968, 1980 and 1982. Since then, this stock's production has depended on year-classes of very low or average abundance. The probability of this stock producing a very strong year-class is clearly lower for spawning stock biomasses below 58.000 t or $\mathbf{B_{BUF}}$ (Figure 20). According to the **SPA**, the biomasses of this spawning stock have been below the value of $\mathbf{B_{BUF}}$ since 1994.

Depuis 1999, la biomasse reproductrice de ce stock s'est rapprochée significativement de $\mathbf{B_{BUF}}$ (Figure 21). L'effort de pêche (4^+) n'a presque pas augmenté et la valeur mesurée en 2001 se situe toujours sous celle de $F_{0.1}$. Cependant, l'utilisation de cette valeur (0.3) comme point de référence pour ce stock est à discuter puisque ce dernier a rapidement décliné au cours des années 1980 malgré que $F_{0.1}$ n'ait été dépassé qu'à une seule reprise, c'est-à-dire en 1982.

Since 1999, however, the biomass of this spawning stock has drawn significantly closer to $\mathbf{B_{BUF}}$ (Figure 21). The fishing effort (4^+) has hardly increased at all, and the value measured in 2001 is still below the $F_{0.1}$ value of 0.3. However, the use of this value as a reference point for this stock is debatable, because this stock declined rapidly in the 1980s, even though $F_{0.1}$ was exceeded only once, in 1982.

Les projections qui ont été réalisées doivent cependant être interprétées avec prudence car elles ont été évaluées à partir d'une valeur d'abondance moyenne (72 196 x 10^3) attribuée à l'âge 2 des classes d'âge de 1998 à 2000 (Tableau 9). Ces dernières n'ont pu être estimées avec précision par l'**ASP** en raison de l'absence d'un relevé indépendant de la pêche. De plus, le seul indice qui était disponible en 2001, celui des filets maillants, ne donne pas une mesure précise de l'abondance des jeunes harengs. Étant donné que ces classes d'âge représentaient plus de 30 % de la biomasse mature calculée pour 2001, un niveau plus élevé d'incertitude devrait être associé aux résultats de l'analyse de risque.

The projections that have been made should, however, be interpreted cautiously, because they were estimated on the basis of an average abundance value (72.196 x 10^3) that was assigned to the 1998 to 2000 year-classes at age 2 (Table 9). The abundance of these classes could not be estimated accurately by the **SPA**, because there was no survey independent of the fishery. In addition, the only abundance index available for 2001, based on the gillnet fishery, does not give an accurate measure of the abundance of young herring. Given that these year-classes represented over 30 % of the mature biomass calculated for 2001, a higher degree of uncertainty should be attributed to the results of the risk analysis.

Malgré une amélioration de la situation, le présent document recommande la prudence. L'augmentation récente de la biomasse reproductrice des harengs de printemps est le produit de l'application de mesures de gestion très sévères et d'un recrutement légèrement supérieur à la moyenne entre 1994 et 1996. De plus, en l'absence d'un relevé acoustique, il n'existe aucune indication réelle quant à la force des classes d'âge plus récentes.

Though the situation has improved, the present document recommends caution. The recent increase in the spawning stock biomass of spring herring is the result of the enforcement of very strict management measures and slightly above-average recruitment from 1994 to 1996. Moreover, in the absence of an acoustic survey, there is no real indication as to the strength of the most recent year-classes.

Il est suggéré aussi que l'effort de pêche soit dispersé le long de la côte et qu'il puisse s'échelonner sur toute l'année. Il est essentiel de maintenir le programme des pêcheurs repères et d'inciter un plus grand nombre de pêcheurs à utiliser des livres de bord. Des efforts doivent aussi être déployés pour tenter de construire un indice de la pêche associé aux reproducteurs d'automne.

It is also suggested that the fishing effort be dispersed along the coast and staggered throughout the year. Maintaining the Index Fishers Program and encouraging more fishers to maintain logbooks is essential. Efforts should also be made to construct an index for the fall-spawner fishery.

REMERCIEMENTS

De très sincères remerciements vont à Ian McQuinn pour tous ses conseils concernant l'ASP et l'analyse de risque ainsi qu'à Hugo

ACKNOWLEDGEMENTS

Very sincere thanks go to Ian McQuinn for all his advice concerning SPA and risk analysis and to Hugo Bourdages and Alain

Bourdages et Alain Fréchet pour la révision du document.
Fréchet for their reviews of this document.

RÉFÉRENCES / *REFERENCES*

Gavaris, S. 1980. Use of a multiplicative model to estimate catch rate and effort from commercial data. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37: 2272-2275.

Gavaris, S. 1988. An adaptive framework for the estimation of population size. CAFSAC Res. Doc. 88/29: 12p.

Gavaris, S. 1999. ADAPT (ADAPTive Framework) User's Guide Version 2.1. DFO. St. Andrews Biological Station, St. Andrews, N.B., Canada. 25p.

Gavaris, S., and A. Sinclair. 1998. From Fisheries Assessment Uncertainty to Risk Analysis for Immediate Management Actions In: F. Funk, T.J. Quinn II, J. Heifetz, J.N. Ianelli, J.E. Powers, J.F. Schweigert, P.J. Sullivan, and C.-I. Zhang (Editors), *In*: Fishery Stock Assessment Models. University of Alaska Sea Grant, AK-SG-98-01, Fairbanks, 1054p.

Grégoire, F., L. Lefebvre and J. Guérin. Atlantic herring *(Clupea harengus harengus* L.) on the west coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) in 2001. CSAS Research Document 2002/58, 40p.

McQuinn, I. H. 1987. Revisions to the 4R herring catch-at-age matrices. CAFSAC Res. Doc. 87/68, 23p.

McQuinn, I. H., M. Hammil, and L. Lefebvre. 1999a. An assessment and risk projections of the west coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) herring stocks (1965 to 2000). CSAS Research Document 99/119, 94p.

McQuinn, I. H., and L. Lefebvre. 1999b. An evaluation of the western Newfoundland herring acoustic abundance index from 1989 to 1997. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 99/120, 20p.

Shelton, P.A., and J. C. Rice. 2002. Limits to overfishing: reference points in the context of the Canadian perspective on the precautionary approach. CSAS Res. Doc. 2002/084. 29p.

Sinclair, A., D. Gascon, R. O'Boyle, D. Rivard and S. Gavaris. 1991. Consistency of some northwest Atlantic groundfish stock assessments. Northwest Atlantic Fisheries Organization Scientific Council Studies 16: 59-77.

Tableau 1. Capture commerciale à l'âge en nombre (000's) pour les harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO.

Table 1. Commercial catch at age in number (000's) for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	2+
1965	630	73	13	693	1602	1293	651	461	305	589	6230
1966	115	283	276	520	1822	4176	2090	1652	382	638	11953
1967	0	18	459	139	318	3403	2745	1265	742	847	9936
1968	84	163	302	549	203	569	1120	2049	420	358	5818
1969	366	1730	2778	1026	500	264	703	1259	1185	117	9928
1970	1067	570	297	435	182	75	116	565	1615	61	4983
1971	0	2527	303	841	720	651	340	350	2412	255	8400
1972	284	220	8189	1308	1461	1245	1115	1377	1034	2013	18247
1973	1833	435	1063	27872	2570	3222	3232	2598	4789	5696	53310
1974	141	261	130	371	9445	318	851	774	490	2175	14955
1975	57	996	420	100	1063	8431	317	336	244	665	12629
1976	484	680	846	201	350	2802	15567	759	3136	3588	28413
1977	10	534	541	409	304	348	4362	15959	1694	6003	30165
1978	0	47	1987	207	679	241	2162	8208	15260	5062	33851
1979	167	25	214	10828	617	1075	547	2772	7404	14032	37681
1980	300	854	106	355	13872	407	1344	247	1427	20574	39486
1981	40	417	2114	129	354	8872	188	515	283	13181	26093
1982	594	2374	693	2452	421	2153	6488	704	950	12863	29692
1983	34	2965	3562	1131	1091	293	713	2990	798	7975	21552
1984	198	433	7773	3809	595	814	209	672	755	4226	19485
1985	362	4587	787	21642	3993	445	381	255	380	1764	34597
1986	323	2348	13762	3349	28781	5241	465	167	260	1661	56356
1987	455	329	2781	15257	3507	12952	1736	182	37	806	38041
1988	702	539	402	2461	15064	3677	13616	2527	423	2060	41472
1989	305	574	763	461	3036	18704	3072	10910	779	1380	39984
1990	114	2136	670	405	997	5010	16296	3773	6432	2187	38019
1991	577	2233	9849	1285	768	3018	6955	21327	2366	6579	54957
1992	90	1243	1707	8538	998	998	2781	2168	11879	3902	34306
1993	79	1592	3802	3409	6784	1509	2102	2727	2800	8804	33608
1994	14	332	2597	3183	3762	3434	1642	1589	1757	1945	20254
1995	12	247	1219	5750	5807	2152	7126	185	3083	4577	30158
1996	1347	248	1156	4056	7712	4211	551	3291	419	1597	24587
1997	36	1006	131	259	1303	6598	1684	580	2554	1588	15740
1998	80	859	7836	393	579	2143	7683	1146	994	3174	24888
1999	152	1815	3501	4583	202	156	749	1532	378	943	14011
2000	0	3106	7182	2207	3971	108	248	765	857	773	19217
2001	126	195	3685	6265	3794	3456	137	282	582	1139	19661

Tableau 2. Poids commerciaux (kg) de la capture à l'âge des harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO.

Table 2. Commercial weight (kg) at age for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.128	0.166	0.266	0.312	0.327	0.348	0.361	0.387	0.425	0.425
1966	0.128	0.166	0.266	0.312	0.327	0.348	0.361	0.387	0.425	0.425
1967	0.128	0.166	0.266	0.312	0.327	0.348	0.361	0.387	0.425	0.425
1968	0.128	0.169	0.244	0.288	0.304	0.328	0.338	0.357	0.381	0.370
1969	0.145	0.191	0.233	0.259	0.287	0.309	0.323	0.357	0.371	0.370
1970	0.106	0.189	0.259	0.280	0.296	0.353	0.375	0.380	0.377	0.370
1971	0.102	0.159	0.229	0.257	0.271	0.289	0.308	0.332	0.339	0.376
1972	0.098	0.139	0.178	0.203	0.250	0.279	0.305	0.310	0.313	0.372
1973	0.101	0.158	0.224	0.222	0.268	0.303	0.322	0.333	0.350	0.367
1974	0.129	0.172	0.223	0.236	0.262	0.300	0.324	0.351	0.335	0.384
1975	0.077	0.156	0.197	0.242	0.243	0.279	0.301	0.335	0.350	0.382
1976	0.069	0.122	0.193	0.241	0.252	0.269	0.299	0.315	0.334	0.382
1977	0.064	0.156	0.208	0.247	0.278	0.262	0.290	0.313	0.332	0.353
1978	0.103	0.184	0.228	0.275	0.305	0.313	0.318	0.340	0.362	0.393
1979	0.115	0.121	0.234	0.268	0.319	0.343	0.357	0.366	0.373	0.409
1980	0.117	0.201	0.247	0.298	0.321	0.354	0.380	0.398	0.389	0.430
1981	0.085	0.196	0.262	0.327	0.344	0.385	0.415	0.430	0.429	0.472
1982	0.095	0.216	0.263	0.290	0.357	0.386	0.395	0.423	0.434	0.454
1983	0.142	0.190	0.263	0.305	0.337	0.385	0.424	0.434	0.492	0.475
1984	0.134	0.206	0.239	0.297	0.348	0.379	0.406	0.431	0.437	0.485
1985	0.109	0.168	0.247	0.283	0.329	0.373	0.404	0.434	0.425	0.477
1986	0.142	0.171	0.230	0.268	0.315	0.338	0.413	0.415	0.449	0.459
1987	0.165	0.235	0.250	0.289	0.349	0.370	0.390	0.428	0.422	0.515
1988	0.153	0.192	0.223	0.261	0.302	0.338	0.371	0.385	0.457	0.490
1989	0.149	0.193	0.233	0.301	0.307	0.350	0.384	0.399	0.408	0.488
1990	0.120	0.180	0.257	0.270	0.301	0.343	0.373	0.409	0.417	0.461
1991	0.154	0.159	0.203	0.276	0.318	0.332	0.374	0.401	0.408	0.440
1992	0.103	0.115	0.214	0.246	0.276	0.366	0.368	0.399	0.411	0.422
1993	0.115	0.149	0.194	0.251	0.277	0.323	0.383	0.401	0.420	0.434
1994	0.112	0.158	0.192	0.223	0.273	0.320	0.354	0.380	0.390	0.412
1995	0.106	0.174	0.179	0.216	0.258	0.272	0.326	0.336	0.377	0.406
1996	0.107	0.149	0.217	0.244	0.284	0.326	0.335	0.389	0.413	0.469
1997	0.107	0.173	0.153	0.233	0.277	0.296	0.329	0.347	0.370	0.428
1998	0.082	0.141	0.171	0.222	0.275	0.283	0.315	0.363	0.376	0.412
1999	0.094	0.158	0.195	0.216	0.266	0.298	0.333	0.357	0.415	0.428
2000	0.109	0.183	0.200	0.239	0.267	0.328	0.324	0.385	0.362	0.443
2001	0.125	0.203	0.227	0.241	0.276	0.296	0.344	0.355	0.383	0.419

Tableau 3. Poids commerciaux (kg) de la population à l'âge (quatrième trimestre) des harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO (senne bourse).

Table 3. Population commercial weight (kg) at age (fourth quarter) for the spring spawner herring of NAFO Division 4R (purse seine).

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.128	0.166	0.266	0.312	0.327	0.348	0.361	0.387	0.425	0.425
1966	0.128	0.166	0.266	0.312	0.327	0.348	0.361	0.387	0.425	0.425
1967	0.128	0.166	0.266	0.312	0.327	0.348	0.361	0.387	0.425	0.425
1968	0.128	0.166	0.244	0.292	0.308	0.333	0.340	0.358	0.384	0.390
1969	0.148	0.190	0.237	0.265	0.287	0.315	0.323	0.357	0.370	0.390
1970	0.106	0.165	0.255	0.276	0.292	0.358	0.387	0.388	0.380	0.390
1971	0.123	0.144	0.205	0.252	0.258	0.287	0.291	0.315	0.339	0.390
1972	0.139	0.176	0.205	0.248	0.295	0.323	0.316	0.357	0.399	0.390
1973	0.118	0.191	0.206	0.238	0.263	0.311	0.347	0.343	0.349	0.390
1974	0.148	0.169	0.223	0.241	0.281	0.320	0.336	0.357	0.374	0.392
1975	0.133	0.180	0.215	0.239	0.272	0.315	0.341	0.350	0.362	0.391
1976	0.138	0.209	0.229	0.252	0.270	0.280	0.306	0.340	0.327	0.345
1977	0.142	0.206	0.229	0.293	0.294	0.331	0.329	0.356	0.374	0.394
1978	0.142	0.226	0.244	0.307	0.333	0.354	0.359	0.376	0.395	0.428
1979	0.145	0.227	0.253	0.295	0.336	0.365	0.365	0.403	0.396	0.434
1980	0.184	0.229	0.291	0.334	0.382	0.411	0.445	0.463	0.458	0.506
1981	0.157	0.225	0.273	0.358	0.372	0.411	0.445	0.442	0.453	0.477
1982	0.130	0.198	0.283	0.329	0.400	0.415	0.417	0.469	0.463	0.482
1983	0.148	0.187	0.280	0.328	0.368	0.399	0.433	0.437	0.462	0.486
1984	0.118	0.190	0.252	0.310	0.353	0.400	0.442	0.437	0.445	0.485
1985	0.107	0.187	0.261	0.300	0.346	0.381	0.406	0.471	0.447	0.472
1986	0.142	0.173	0.241	0.283	0.328	0.351	0.433	0.445	0.458	0.455
1987	0.137	0.215	0.253	0.301	0.358	0.388	0.388	0.475	0.479	0.526
1988	0.144	0.205	0.268	0.288	0.334	0.373	0.396	0.402	0.524	0.498
1989	0.137	0.214	0.252	0.304	0.340	0.384	0.406	0.430	0.451	0.512
1990	0.122	0.183	0.268	0.307	0.347	0.351	0.396	0.409	0.459	0.459
1991	0.163	0.191	0.250	0.293	0.360	0.369	0.426	0.434	0.416	0.483
1992	0.103	0.155	0.231	0.272	0.311	0.369	0.394	0.425	0.431	0.460
1993	0.115	0.173	0.213	0.256	0.299	0.314	0.391	0.431	0.438	0.478
1994	0.111	0.149	0.211	0.237	0.299	0.386	0.385	0.435	0.431	0.504
1995	0.111	0.168	0.182	0.241	0.293	0.332	0.383	0.424	0.459	0.493
1996	0.107	0.142	0.224	0.255	0.300	0.345	0.364	0.412	0.418	0.500
1997	0.107	0.185	0.211	0.236	0.283	0.309	0.344	0.346	0.382	0.406
1998	0.101	0.141	0.173	0.205	0.263	0.257	0.323	0.392	0.419	0.432
1999	0.094	0.150	0.191	0.224	0.285	0.311	0.350	0.385	0.463	0.458
2000	0.101	0.196	0.214	0.251	0.280	0.322	0.328	0.333	0.385	0.453
2001	0.101	0.205	0.239	0.250	0.281	0.307	0.338	0.408	0.407	0.433

Tableau 4. Proportion annuelle de la maturité à l'âge (deuxième trimestre) des harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO (senne bourse).

Table 4. Annual proportion of the maturity at age (second quarter) for the spring spawner herring of NAFO Division 4R (purse seine).

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.000	0.174	0.764	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1966	0.000	0.174	0.764	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1967	0.000	0.174	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1968	0.000	0.174	0.764	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1969	0.000	0.174	0.714	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1970	0.000	0.500	0.778	0.936	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1971	0.000	0.174	0.764	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1972	0.000	0.016	0.808	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1973	0.000	0.143	0.667	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1974	0.000	0.143	0.900	0.938	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1975	0.000	0.350	0.571	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1976	0.000	0.278	0.727	0.917	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1977	0.000	0.114	0.913	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1978	0.000	0.436	0.706	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1979	0.000	0.436	0.891	0.986	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1980	0.000	0.837	0.909	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1981	0.053	0.898	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1982	0.000	0.625	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1983	0.000	0.130	0.940	0.968	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1984	0.000	0.167	0.706	0.961	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1985	0.000	0.052	0.875	0.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1986	0.000	0.500	0.918	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1987	0.000	0.286	0.813	0.991	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1988	0.000	0.429	0.857	0.962	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1989	0.000	0.436	0.891	0.986	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1990	0.000	0.667	0.818	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1991	0.000	0.429	0.844	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1992	0.000	0.300	0.583	0.818	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1993	0.000	0.438	0.938	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1994	0.000	0.652	0.929	0.991	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1995	0.000	0.714	0.905	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1996	0.000	0.533	0.836	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1997	0.000	0.546	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1998	0.000	0.667	0.911	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1999	0.185	0.587	0.944	0.990	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2000	0.000	0.774	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2001	0.000	0.774	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Tableau 5. Abondance totale à l'âge (nombre en 000's) des harengs reproducteurs de printemps calculée à partir des relevés acoustiques bisannuels réalisés dans la division 4R de l'OPANO depuis 1991.

Table 5. Total abundance at age (number in 000's) for the spring spawner herring calculated from the biennial acoustic survey realised in NAFO Division 4R since 1991.

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	2+
1991.9	5252	14241	78462	216	13484	43972	26318	48683	8773	44080	283480
1993.9	15591	36865	32008	26686	41341	1567	6965	6965	5398	12879	186265
1995.8	1000	4627	5587	32838	12184	6786	18560	5301	12356	14334	113573
1997.8	4053	31460	2199	4280	7656	17319	3093	236	9335	2317	81946
1999.8	4597	44622	24176	29285	725	0	988	8243	1786	8323	122745

Tableau 6. Taux de capture à l'âge (unité arbitraire) calculés à partir des livres de bord des pêcheurs repères et de l'industrie de la Baie St-George depuis 1985.

Table 6. Catch rates at age (arbitrary unit) calculated from the gillnet index-fishermen and industry logbooks of St George's Bay since 1985.

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	3+
1985.4	2.68	36.42	3375.58	1115.25	169.23	300.93	187.85	257.21	1100.77	6545.92
1986.4	0.00	159.81	68.77	3203.06	1150.84	132.18	117.57	83.98	604.50	5520.70
1987.4	0.00	22.75	2003.76	617.58	4180.00	378.23	37.49	1.57	191.11	7432.49
1988.4	0.00	2.61	85.62	1486.15	460.01	1770.46	314.08	48.33	113.29	4280.56
1989.4	3.00	49.54	64.36	425.77	1823.09	280.04	691.43	91.71	66.23	3495.18
1990.4	9.22	32.36	52.37	79.63	281.77	1257.36	322.30	613.68	46.08	2694.76
1991.4	0.00	22.11	46.44	57.42	316.06	682.28	1102.07	215.35	997.55	3439.27
1992.4	3.72	86.30	686.63	131.83	147.21	352.76	443.51	707.05	425.46	2984.46
1993.4	0.00	9.50	86.71	497.01	152.99	352.84	331.66	366.84	519.63	2317.19
1994.4	0.00	21.12	48.44	164.54	545.59	109.52	211.53	266.11	318.96	1685.80
1995.4	0.00	8.44	128.89	226.38	87.53	530.63	62.89	143.51	452.24	1640.51
1996.4	0.00	3.60	37.64	567.28	351.80	108.10	481.85	37.06	187.06	1774.38
1997.4	0.00	1.00	15.63	151.76	1060.59	422.05	150.80	352.29	242.80	2396.91
1998.4	0.00	15.98	17.11	47.31	81.10	380.71	65.15	41.60	281.12	930.09
1999.4	0.35	30.09	140.53	19.55	39.41	152.51	369.70	110.44	160.90	1023.49
2000.4	0.00	78.56	360.73	707.81	39.38	61.14	138.52	362.32	230.53	1978.99
2001.4	0.00	27.81	312.82	657.08	1375.40	72.49	92.36	227.41	544.86	3310.24

Tableau 7. Propriétés statistiques* des estimations d'abondance (en nombre 000's) pour le début de l'année 2002 et des constantes de calibration des taux de capture (pas d'unité) et du relevé acoustique pour les harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO.

Table 7. Statistical properties of the population estimates for the beginning of 2002 (numbers in '000) and of the catch rates (unitless) and survey calibration constants for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.*

Age	Estimations / *Estimates*	Erreur-Type / *Standard Error*	Coefficient *variation*	Biais / *Bias*	Biais Relatif / *Relative Bias*	Biais Corrigé / *Corrected Bias*
Abondance de la Population en 2002 / *Population Abundance in 2002*						
5	31300	24900	0.793	5260	0.168	26040
6	36000	20100	0.559	3630	0.101	32370
7	29300	12900	0.441	2320	0.079	26980
8	26000	11700	0.451	2280	0.088	23720
9	982	384	0.391	55	0.056	927
10	1290	600	0.466	109	0.085	1181
11+	6640	2240	0.338	208	0.031	6432
Constantes de Calibration des Taux de Captures / *Catch Rates Calibration Constants*						
3	0.000	0.000	0.360	0.000	0.049	0.000
4	0.001	0.000	0.203	0.000	0.011	0.000
5	0.004	0.001	0.197	0.000	0.019	0.004
6	0.012	0.003	0.202	0.000	0.011	0.012
7	0.022	0.004	0.200	0.001	0.024	0.022
8	0.036	0.007	0.198	0.001	0.028	0.035
9	0.039	0.007	0.190	0.001	0.018	0.038
10	0.038	0.008	0.204	0.001	0.022	0.037
11+	0.038	0.008	0.200	0.001	0.015	0.038
Constantes de Calibration des relevés / *Surveys Calibration Constants*						
2	0.124	0.048	0.385	0.006	0.045	0.118
3	0.478	0.187	0.391	0.026	0.054	0.452
4	0.595	0.246	0.413	0.044	0.073	0.551
5	0.415	0.151	0.364	0.024	0.057	0.391
6	0.707	0.253	0.358	0.030	0.042	0.677
7	0.921	0.376	0.408	0.070	0.076	0.851
8	0.771	0.282	0.366	0.039	0.051	0.732
9	0.845	0.325	0.384	0.044	0.052	0.801
10	2.220	0.812	0.366	0.119	0.054	2.101
11+	2.120	0.780	0.368	0.123	0.058	1.997

* Provenant d'une analyse bootstrap avec n=1000 iterations / *Obtained from a bootstrap analysis with n = 1000 replications*

Tableau 8. Matrice des corrélations entre les paramètres estimés par l'ASP en 2001 pour les harengs reproducteurs de printemps.
Table 8. Correlations matrix for the estimated parameters by the SPA in 2001 for the spring spawner herring.

PARAMÈTRES / *PARAMETERS*	ÂGE / *AGE*	NOMBRE / *NUMBER ('000s)*							INDICE DES FILETS MAILLANTS / *GILLNET INDEX*								
		5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N 1	5	1.000	0.036	0.098	0.033	0.075	0.030	0.062	-0.010	-0.213	-0.034	-0.032	-0.023	-0.023	-0.019	-0.020	-0.020
N 2	6	0.036	1.000	0.047	0.077	0.041	0.064	0.064	-0.220	-0.152	-0.168	-0.031	-0.028	-0.025	-0.023	-0.020	-0.020
N 3	7	0.098	0.047	1.000	0.056	0.108	0.051	0.096	-0.014	-0.154	-0.147	-0.154	-0.036	-0.035	-0.029	-0.030	-0.030
N 4	8	0.033	0.077	0.056	1.000	0.062	0.102	0.094	-0.020	-0.129	-0.137	-0.140	-0.150	-0.035	-0.035	-0.030	-0.030
N 5	9	0.075	0.041	0.108	0.062	1.000	0.067	0.133	-0.014	-0.125	-0.123	-0.133	-0.133	-0.142	-0.040	-0.042	-0.042
N 6	10	0.030	0.064	0.051	0.102	0.067	1.000	0.124	-0.019	-0.111	-0.119	-0.122	-0.131	-0.133	-0.147	-0.039	-0.039
N 7	11	0.062	0.064	0.096	0.094	0.133	0.124	1.000	-0.053	-0.141	-0.145	-0.158	-0.179	-0.216	-0.261	-0.318	-0.318
q PR 8	3	-0.010	-0.220	-0.014	-0.020	-0.014	-0.019	-0.053	1.000	0.039	0.042	0.013	0.013	0.013	0.015	0.017	0.017
q PR 9	4	-0.213	-0.152	-0.154	-0.129	-0.125	-0.111	-0.141	0.039	1.000	0.084	0.070	0.059	0.052	0.048	0.045	0.045
q PR 10	5	-0.034	-0.168	-0.147	-0.137	-0.123	-0.119	-0.145	0.042	0.084	1.000	0.071	0.061	0.053	0.050	0.046	0.046
q PR 11	6	-0.032	-0.031	-0.154	-0.140	-0.133	-0.122	-0.158	0.013	0.070	0.071	1.000	0.064	0.057	0.053	0.050	0.050
q PR 12	7	-0.023	-0.028	-0.036	-0.150	-0.133	-0.131	-0.179	0.013	0.059	0.061	0.064	1.000	0.062	0.059	0.057	0.057
q PR 13	8	-0.023	-0.023	-0.035	-0.035	-0.142	-0.133	-0.216	0.013	0.052	0.053	0.057	0.062	1.000	0.069	0.069	0.069
q PR 14	9	-0.019	-0.023	-0.029	-0.035	-0.040	-0.147	-0.261	0.015	0.048	0.050	0.053	0.059	0.069	1.000	0.083	0.083
q PR 15	10	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030	-0.042	-0.039	-0.318	0.017	0.045	0.046	0.050	0.057	0.069	0.083	1.000	0.101
q PR 16	11	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030	-0.042	-0.039	-0.318	0.017	0.045	0.046	0.050	0.057	0.069	0.083	0.101	1.000
q RV 17	2	-0.325	-0.028	-0.231	-0.034	-0.174	-0.035	-0.121	0.011	0.116	0.062	0.065	0.042	0.046	0.034	0.038	0.038
q RV 18	3	-0.019	-0.236	-0.029	-0.189	-0.032	-0.152	-0.086	0.055	0.072	0.077	0.050	0.052	0.035	0.039	0.027	0.027
q RV 19	4	-0.036	-0.021	-0.227	-0.028	-0.174	-0.031	-0.128	0.010	0.062	0.069	0.064	0.042	0.047	0.035	0.041	0.041
q RV 20	5	-0.015	-0.028	-0.024	-0.210	-0.030	-0.173	-0.099	0.010	0.049	0.053	0.054	0.059	0.040	0.045	0.032	0.032
q RV 21	6	-0.022	-0.016	-0.032	-0.024	-0.196	-0.029	-0.161	0.010	0.042	0.042	0.045	0.048	0.055	0.043	0.051	0.051
q RV 22	7	-0.008	-0.008	-0.012	-0.012	-0.017	-0.016	-0.128	0.007	0.018	0.019	0.020	0.023	0.028	0.033	0.041	0.041
q RV 23	8	-0.014	-0.014	-0.021	-0.021	-0.030	-0.028	-0.224	0.012	0.032	0.033	0.036	0.040	0.048	0.058	0.071	0.071
q RV 24	9	-0.013	-0.014	-0.020	-0.020	-0.028	-0.026	-0.213	0.011	0.030	0.031	0.034	0.038	0.046	0.056	0.068	0.068
q RV 25	10	-0.013	-0.013	-0.020	-0.020	-0.028	-0.026	-0.209	0.011	0.030	0.030	0.033	0.037	0.045	0.055	0.067	0.067
q RV 26	11	-0.013	-0.013	-0.020	-0.020	-0.028	-0.026	-0.209	0.011	0.030	0.030	0.033	0.037	0.045	0.055	0.067	0.067

PARAMÈTRES / *PARAMETERS*	ÂGE / *AGE*	INDICE DU RELEVÉ / *SURVEY INDEX*									
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
N 1	5	-0.325	-0.019	-0.036	-0.015	-0.022	-0.008	-0.014	-0.013	-0.013	-0.013
N 2	6	-0.028	-0.236	-0.021	-0.028	-0.016	-0.008	-0.014	-0.014	-0.013	-0.013
N 3	7	-0.231	-0.029	-0.227	-0.024	-0.032	-0.012	-0.021	-0.020	-0.020	-0.020
N 4	8	-0.034	-0.189	-0.028	-0.210	-0.024	-0.012	-0.021	-0.020	-0.020	-0.020
N 5	9	-0.174	-0.032	-0.174	-0.030	-0.196	-0.017	-0.030	-0.028	-0.028	-0.028
N 6	10	-0.035	-0.152	-0.031	-0.173	-0.029	-0.016	-0.028	-0.026	-0.026	-0.026
N 7	11	-0.121	-0.086	-0.128	-0.099	-0.161	-0.128	-0.224	-0.213	-0.209	-0.209
q PR 8	3	0.011	0.055	0.010	0.010	0.010	0.007	0.012	0.011	0.011	0.011
q PR 9	4	0.116	0.072	0.062	0.049	0.042	0.018	0.032	0.030	0.030	0.030
q PR 10	5	0.062	0.077	0.060	0.053	0.042	0.019	0.033	0.031	0.030	0.030
q PR 11	6	0.065	0.050	0.064	0.054	0.045	0.020	0.036	0.034	0.033	0.033
q PR 12	7	0.042	0.052	0.042	0.059	0.048	0.025	0.040	0.038	0.037	0.037
q PR 13	8	0.046	0.035	0.047	0.040	0.055	0.028	0.048	0.046	0.045	0.045
q PR 14	9	0.034	0.039	0.035	0.045	0.043	0.033	0.058	0.056	0.055	0.055
q PR 15	10	0.038	0.027	0.041	0.032	0.051	0.041	0.071	0.068	0.067	0.067
q PR 16	11	0.038	0.027	0.041	0.032	0.051	0.041	0.071	0.068	0.067	0.067
q RV 17	2	1.000	0.021	0.082	0.019	0.048	0.015	0.027	0.026	0.025	0.025
q RV 18	3	0.021	1.000	0.018	0.063	0.017	0.011	0.019	0.018	0.018	0.018
q RV 19	4	0.082	0.018	1.000	0.018	0.049	0.016	0.029	0.027	0.027	0.027
q RV 20	5	0.019	0.063	0.018	1.000	0.019	0.013	0.022	0.021	0.021	0.021
q RV 21	6	0.048	0.017	0.049	0.019	1.000	0.021	0.036	0.034	0.034	0.034
q RV 22	7	0.015	0.011	0.016	0.013	0.021	1.000	0.029	0.027	0.027	0.027
q RV 23	8	0.027	0.019	0.029	0.022	0.036	0.029	1.000	0.048	0.047	0.047
q RV 24	9	0.026	0.018	0.027	0.021	0.034	0.027	0.048	1.000	0.045	0.045
q RV 25	10	0.025	0.018	0.027	0.021	0.034	0.027	0.047	0.045	1.000	0.044
q RV 26	11	0.025	0.018	0.027	0.021	0.034	0.027	0.047	0.045	0.044	1.000

Tableau 9. Abondance de la population (nombre en 000's) calculée selon une Analyse Séquentielle des Populations* pour les harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO.

Table 9. Population abundance (number in 000's) calculated from a Sequential Population Analysis for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.*

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	2+
1965	123262	52979	101973	28732	19232	7252	4503	1696	1080	1802	342511
1966	55249	100349	43309	83477	22898	14301	4774	3101	975	1628	330061
1967	78410	45130	81904	35209	67875	17104	7961	2040	1067	1218	337919
1968	157505	64197	36933	66642	28701	55284	10942	4057	548	467	425279
1969	74534	128878	52413	29966	54066	23315	44749	7949	1495	148	417513
1970	802393	60693	103954	40405	23608	43814	18851	36003	5374	203	1135297
1971	335975	655980	49176	84842	32688	19164	35804	15329	28966	3062	1260987
1972	61146	275073	534789	39988	68703	26112	15102	29007	12234	23818	1085973
1973	16139	49805	225012	430453	31559	54930	20255	11359	22506	26769	888788
1974	34691	11562	40384	183264	327278	23520	42066	13674	6964	30913	714316
1975	25197	28275	9230	32946	149709	259425	18970	33672	10497	28607	596528
1976	142670	20578	22250	7178	26884	121611	204788	15245	27265	31195	619664
1977	31739	116371	16234	17453	5695	21695	97037	153625	11796	41802	513448
1978	15577	25977	94794	12803	13920	4389	17448	75510	111390	36950	408758
1979	19664	12754	21226	75817	10295	10784	3376	12337	54424	103143	323818
1980	19337	15948	10419	17185	52320	7872	7860	2271	7608	109693	250514
1981	79871	15561	12287	8435	13749	30376	6078	5225	1637	76240	249459
1982	374371	65357	12364	8157	6789	10937	16907	4806	3814	51641	555142
1983	84337	305972	51367	9497	4478	5179	7018	8034	3301	32991	512173
1984	451229	69019	247831	38842	6756	2686	3976	5103	3900	21829	851170
1985	98186	369257	56117	195890	28367	4995	1468	3066	3572	16583	777501
1986	75012	80061	298179	45234	140873	19628	3688	860	2281	14569	680385
1987	56969	61123	63429	231708	34013	89448	11363	2601	554	12064	563270
1988	28247	46231	49746	49421	175941	24686	61567	7740	1965	9570	455114
1989	148302	22492	37364	40366	38241	130463	16899	38164	4071	7211	483574
1990	45628	121144	17897	29902	32632	28571	89966	11071	21452	7294	405559
1991	62879	37254	97255	14048	24116	25817	18882	58992	5682	15801	360727
1992	116495	50960	28486	70747	10343	19051	18417	9230	29193	9589	362511
1993	42736	95297	40600	21782	50228	7568	14697	12574	5608	17634	308725
1994	12657	34918	76585	29812	14764	35011	4839	10140	7842	8682	235249
1995	6431	10350	28288	60358	21539	8708	25569	2490	6871	10200	180803
1996	123762	5254	8251	22060	44232	12419	5196	14536	1872	7133	244714
1997	94075	100111	4078	5713	14411	29272	6393	3757	8942	5560	272313
1998	98874	76990	81055	3221	4444	10624	18034	3721	2554	8154	307671
1999	57923	80879	62258	59296	2283	3117	6770	7895	2019	5036	287474
2000**	72196	47286	64579	47813	44413	1687	2411	4868	5085	4587	294924
2001**	72196	59109	35911	46397	37154	32781	1283	1750	3296	6451	296328
2002**	72196	58995	48218	26076	32339	26997	23722	927	1179	6431	297081

* Ajustée pour le biais par une analyse bootstrap / *Bias adjusted by a bootstrap analysis*

** Recrutement historique moyen attribué à l'âge 2 depuis 2000 / *Historical mean recruitment attributed to age 2 since 2000*

Tableau 10. Biomasse (t) reproductrice de la population calculée selon une Analyse Séquentielle des Populations* pour les harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO.

Table 10. Population spawning biomass (t) calculated from a Sequential Population Analysis for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.*

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	2+
1965	0	1532	20769	8743	6284	2525	1626	656	459	766	43359
1966	0	2901	8821	25401	7482	4980	1723	1199	414	692	53615
1967	0	1305	21824	10981	22179	5956	2874	789	454	518	66879
1968	0	1856	6888	19017	8826	18432	3719	1454	211	182	60585
1969	0	4263	8885	7945	15501	7335	14443	2840	553	58	61823
1970	0	4992	20578	10418	6894	15691	7293	13982	2040	79	81966
1971	0	16413	7708	20864	8435	5490	10419	4828	9816	1194	85168
1972	0	771	88707	9899	20233	8434	4772	10367	4879	9290	157352
1973	0	1358	30875	102392	8291	17056	7023	3891	7853	10441	189179
1974	0	279	8113	41331	91834	7522	14127	4876	2607	12118	182807
1975	0	1780	1131	7881	40671	81760	6474	11771	3796	11186	166450
1976	0	1197	3701	1661	7253	34055	62591	5186	8927	10763	135335
1977	0	2736	3401	5122	1673	7171	31893	54646	4417	16465	127524
1978	0	2558	16315	3931	4632	1554	6260	28362	44032	15822	123465
1979	0	1264	4792	22089	3462	3938	1232	4974	21531	44790	108073
1980	0	3057	2758	5744	19992	3238	3495	1052	3482	55492	98310
1981	670	3139	3352	3020	5111	12474	2702	2312	741	36391	69911
1982	0	8077	3500	2683	2718	4533	7054	2253	1764	24893	57476
1983	0	7452	13527	3017	1649	2066	3039	3509	1525	16019	51802
1984	0	2191	44103	11571	2385	1075	1756	2232	1737	10590	77640
1985	0	3578	12810	58493	9806	1903	596	1443	1597	7824	98050
1986	0	6924	65953	12817	46160	6886	1598	383	1044	6625	148390
1987	0	3760	13044	69024	12188	34742	4414	1235	265	6347	145020
1988	0	4062	11412	13690	58682	9205	24359	3111	1030	4762	130312
1989	0	2098	8376	12119	12991	50112	6866	16421	1834	3690	114506
1990	0	14785	3932	9171	11318	10025	35590	4533	9842	3349	102545
1991	0	3055	20553	4111	8680	9521	8044	25599	2363	7639	89564
1992	0	2368	3841	15751	3214	7027	7255	3925	12580	4410	60372
1993	0	7218	8110	5571	15039	2373	5749	5417	2456	8427	60360
1994	0	3402	15022	7005	4410	13524	1861	4409	3383	4377	57393
1995	0	1241	4657	14560	6310	2887	9789	1055	3154	5028	48680
1996	0	399	1547	5631	13276	4286	1889	5995	782	3569	37374
1997	0	10126	859	1348	4081	9045	2202	1299	3415	2258	34632
1998	0	7228	12802	661	1171	2732	5818	1458	1070	3524	36464
1999	1008	7109	11244	13162	651	968	2367	3043	934	2307	42794
2000	0	7173	13488	12001	12436	543	790	1621	1958	2078	52087
2001	0	9379	8377	11599	10440	10064	434	714	1342	2793	55141

* Ajustée pour le biais par une analyse bootstrap / *Bias adjusted by a bootstrap analysis*

Tableau 11. Taux instantanés de mortalité par la pêche calculés selon une Analyse Séquentielle des Populations* pour les harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO ($F_{0.1}$=0.3).

Table 11. Instantaneous rate of fishing mortality calculated from a Sequential Population Analysis for the spring spawner herring of NAFO Division 4R ($F_{0.1}$=0.3).*

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	4+ **	8+**
1965	0.006	0.002	0.000	0.027	0.096	0.218	0.173	0.354	0.371	0.371	0.040	0.270
1966	0.002	0.003	0.007	0.007	0.092	0.386	0.650	0.867	0.559	0.559	0.090	0.692
1967	0.000	0.000	0.006	0.004	0.005	0.247	0.474	1.114	1.387	1.387	0.067	0.750
1968	0.001	0.003	0.009	0.009	0.008	0.011	0.120	0.798	1.729	1.729	0.040	0.394
1969	0.005	0.015	0.060	0.038	0.010	0.013	0.017	0.191	1.891	1.891	0.049	0.100
1970	0.001	0.010	0.003	0.012	0.009	0.002	0.007	0.017	0.400	0.400	0.015	0.049
1971	0.000	0.004	0.007	0.011	0.025	0.038	0.011	0.026	0.096	0.096	0.025	0.046
1972	0.005	0.001	0.017	0.037	0.024	0.054	0.085	0.054	0.098	0.098	0.027	0.079
1973	0.134	0.010	0.005	0.074	0.094	0.067	0.193	0.289	0.266	0.266	0.073	0.251
1974	0.004	0.025	0.004	0.002	0.032	0.015	0.023	0.064	0.081	0.081	0.025	0.052
1975	0.002	0.040	0.051	0.003	0.008	0.036	0.019	0.011	0.026	0.026	0.024	0.019
1976	0.004	0.037	0.043	0.031	0.014	0.026	0.087	0.056	0.135	0.135	0.069	0.096
1977	0.000	0.005	0.037	0.026	0.061	0.018	0.051	0.121	0.172	0.172	0.095	0.108
1978	0.000	0.002	0.023	0.018	0.055	0.062	0.147	0.127	0.163	0.163	0.109	0.151
1979	0.009	0.002	0.011	0.171	0.068	0.116	0.196	0.283	0.162	0.162	0.154	0.171
1980	0.017	0.061	0.011	0.023	0.344	0.059	0.208	0.128	0.231	0.231	0.223	0.228
1981	0.001	0.030	0.210	0.017	0.029	0.386	0.035	0.115	0.211	0.211	0.208	0.193
1982	0.002	0.041	0.064	0.400	0.071	0.244	0.544	0.176	0.319	0.319	0.303	0.360
1983	0.000	0.011	0.079	0.141	0.311	0.064	0.119	0.523	0.308	0.308	0.192	0.316
1984	0.000	0.007	0.035	0.114	0.102	0.404	0.060	0.157	0.239	0.239	0.067	0.207
1985	0.004	0.014	0.016	0.130	0.168	0.103	0.335	0.096	0.125	0.125	0.112	0.134
1986	0.005	0.033	0.052	0.085	0.254	0.347	0.149	0.240	0.134	0.134	0.124	0.141
1987	0.009	0.006	0.050	0.075	0.121	0.174	0.184	0.080	0.076	0.076	0.098	0.123
1988	0.028	0.013	0.009	0.056	0.099	0.179	0.278	0.443	0.270	0.270	0.128	0.293
1989	0.002	0.029	0.023	0.013	0.092	0.172	0.223	0.376	0.236	0.236	0.154	0.313
1990	0.003	0.020	0.042	0.015	0.034	0.214	0.222	0.467	0.398	0.398	0.189	0.282
1991	0.010	0.068	0.118	0.106	0.036	0.138	0.516	0.503	0.607	0.607	0.268	0.528
1992	0.001	0.027	0.068	0.142	0.112	0.059	0.182	0.298	0.588	0.588	0.222	0.435
1993	0.002	0.019	0.109	0.189	0.161	0.247	0.171	0.272	0.785	0.785	0.250	0.479
1994	0.001	0.010	0.038	0.125	0.327	0.114	0.464	0.189	0.282	0.282	0.129	0.280
1995	0.002	0.025	0.048	0.110	0.350	0.315	0.364	0.085	0.672	0.672	0.240	0.465
1996	0.011	0.051	0.158	0.222	0.212	0.462	0.123	0.285	0.281	0.281	0.247	0.254
1997	0.000	0.010	0.034	0.048	0.103	0.282	0.338	0.184	0.373	0.373	0.236	0.335
1998	0.001	0.011	0.103	0.134	0.142	0.243	0.615	0.403	0.544	0.544	0.231	0.567
1999	0.002	0.021	0.056	0.079	0.093	0.051	0.124	0.231	0.221	0.221	0.086	0.198
2000	0.000	0.050	0.109	0.045	0.090	0.065	0.105	0.178	0.192	0.192	0.093	0.142
2001	0.002	0.004	0.067	0.123	0.100	0.102	0.108	0.156	0.194	0.194	0.106	0.153

* Ajustée pour le biais par une analyse bootstrap / *Bias adjusted by a bootstrap analysis*

** Les taux aux âges 4+ et 8+ sont pondérés par les abondances en nombre / *Rates at ages 4+ and 8+ are weighted by population numbers*

Tableau 12. Résultats des projections pour l'année 2002 selon $F_{0.1}$ et une abondance ajustée pour le biais par une analyse bootstrap pour les harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO.

Table 12. Results of the 2002 projections realised with $F_{0.1}$ and bias adjusted abundance by bootstrap analysis for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	2+	3+	4+
Population en nombres (000's) en début d'année / *Beginning of Year Population Numbers (000's)*													
2002	72196	58995	48218	26076	32339	26997	23722	927	1179	6431			
2003	72196	58967	46010	34030	18337	22208	19254	15786	562	4615			
Recrutement partiel / *Partial Recruitment**													
2002	0.008	0.162	0.495	0.507	0.586	0.460	0.691	1.000	1.000	1.000			
Mortalité par la pêche / *Fishing Mortality*													
2002	0.002	0.049	0.149	0.152	0.176	0.138	0.207	0.3	0.3	0.3			
Poids (kg) de la population en début d'année / *Weight (kg) at beginning of the year for population* **													
2002	0.101	0.175	0.206	0.233	0.279	0.301	0.336	0.373	0.411	0.436			
2003	0.101	0.175	0.206	0.233	0.279	0.301	0.336	0.373	0.411	0.436			
Biomasse (t) de la population projetée en début d'année / *Beginning of the Year Projected Population Biomass (t)*													
2002	7292	10324	9933	6076	9023	8126	7971	346	485	2804	62378	55086	44762
2003	7292	10319	9478	7929	5116	6685	6470	5888	231	2012	61420	54128	43809
Captures projetées en nombre (000's) / *Projected Catch Numbers (000's)*													
2002	157	2539	6046	3343	4739	3161	4039	219	278	1518			
Poids (kg) de la capture / *Catch weight (kg)** **													
2002	0.103	0.172	0.189	0.230	0.272	0.300	0.329	0.361	0.381	0.426			
Rendement projeté (t) / *Projected Yield (t)*													
2002	16	437	1143	769	1289	948	1329	79	106	647	6763	6746	6310

* Moyenne de 1999-2001 / *1999-2001 Average*

** Quatrième trimestre, données biologiques, moyenne 1999-2001 / *Fourth quarter, biological data, 1999-2001 average*

*** Provenant de la pêche, moyenne de 1999-2001 / *From the fishery, 1999-2001 Average*

Figure 1. Carte des zones unitaires de la division 4R de l'OPANO (zone colorée) de la côte ouest de Terre-Neuve / *Map of unit areas of NAFO Division 4R (coloured area) on the west coast of Newfoundland.*

Figure 1. Carte des zones unitaires de la division 4R de l'OPANO (zone colorée) de la côte ouest de Terre-Neuve / *Map of unit areas of NAFO Division 4R (coloured area) on the west coast of Newfoundland.*

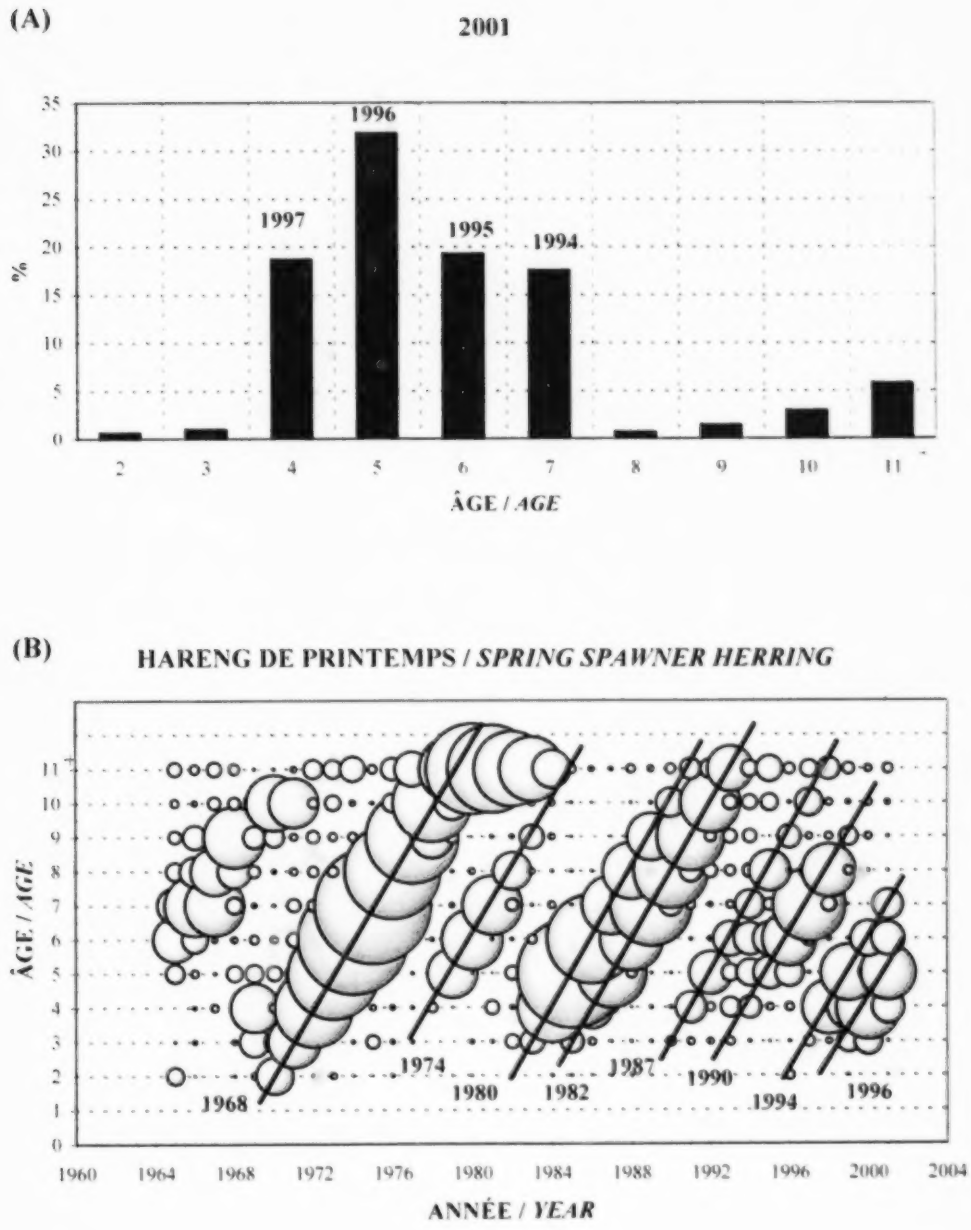


Figure 2. Capture à l'âge (%) commerciale en 2001 (A) et classes d'âge dominantes observées dans la pêche depuis 1965 (B) / *Commercial catch at age (%) in 2001(A) and dominant year-classes observed in the fishery since 1965 (B).*

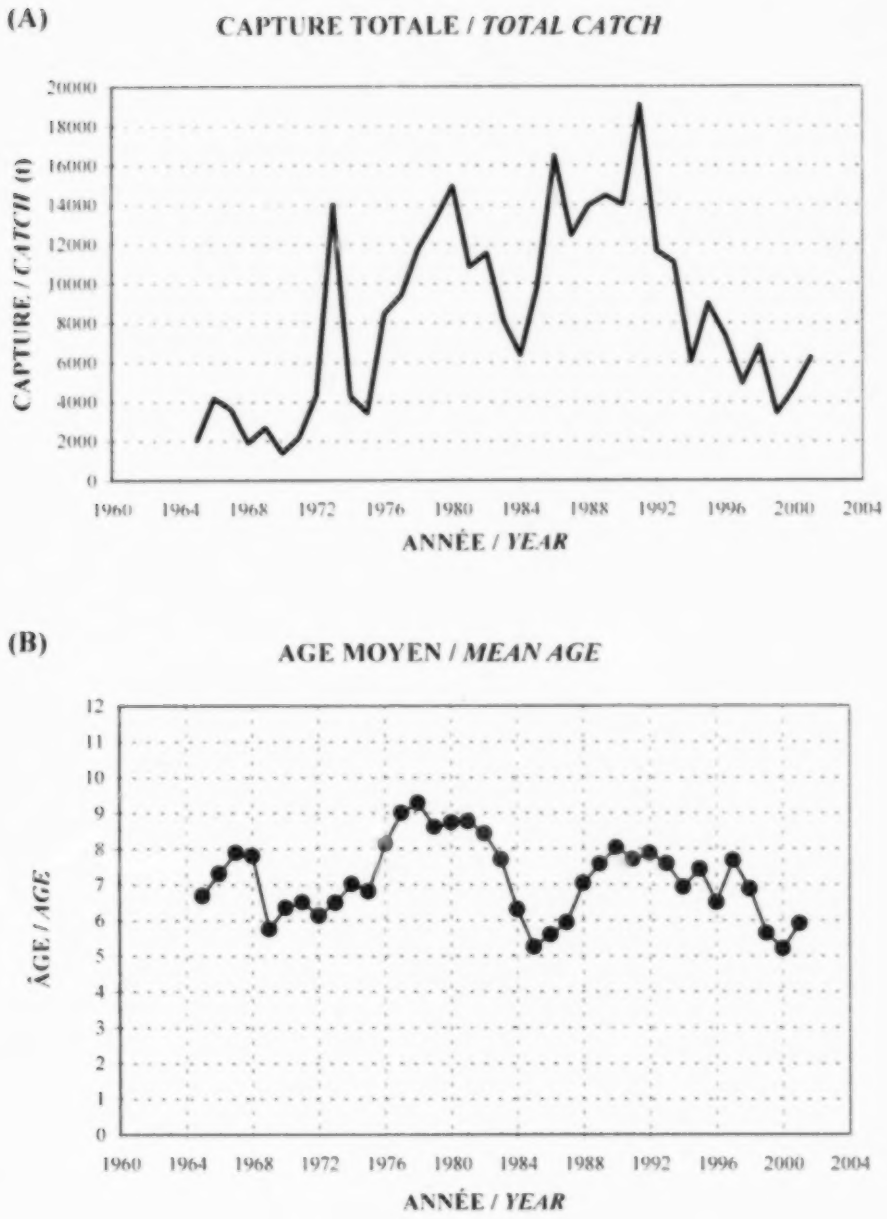


Figure 3. Capture (t) commerciale totale (A) et âge moyen (B) de la capture pour les harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO / *Total commercial catch (t) (A) and mean age of the catch (B) for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.*

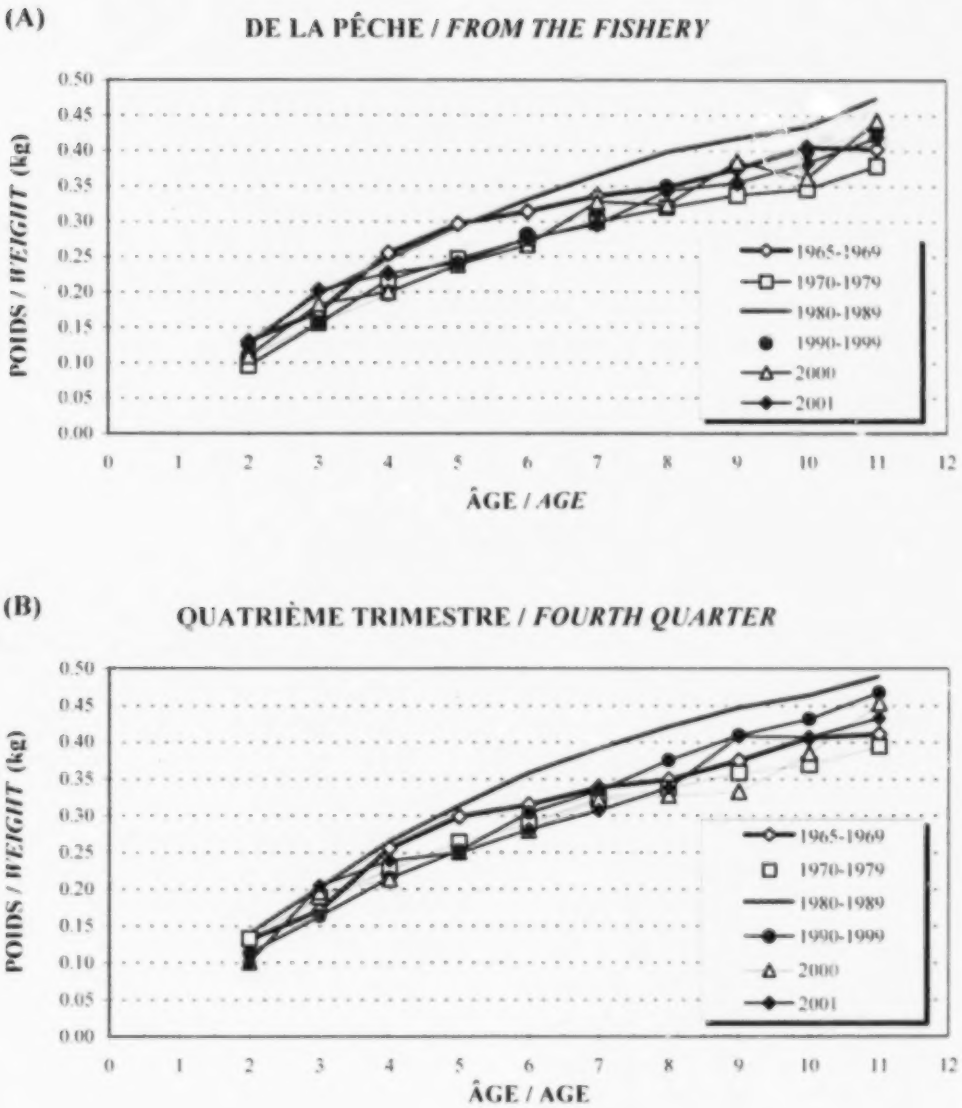


Figure 4. Poids moyens (kg) à l'âge de la pêche (A) et du quatrième trimestre (B) et maturité à l'âge (C) pour les harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO / *Mean weight (kg) at age from the fishery (A) and fourth quarter (B) and maturity at age (C) for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.*

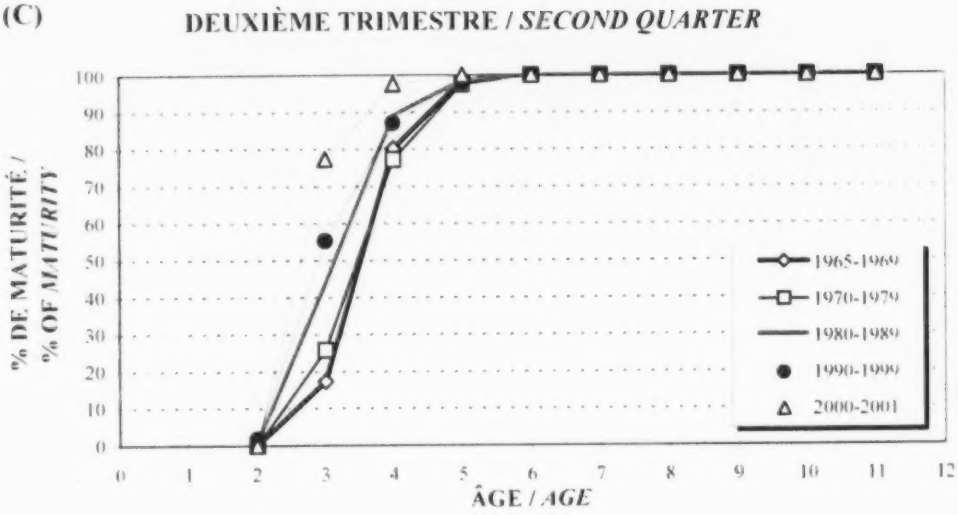


Figure 4. (Suite / *Continued*).

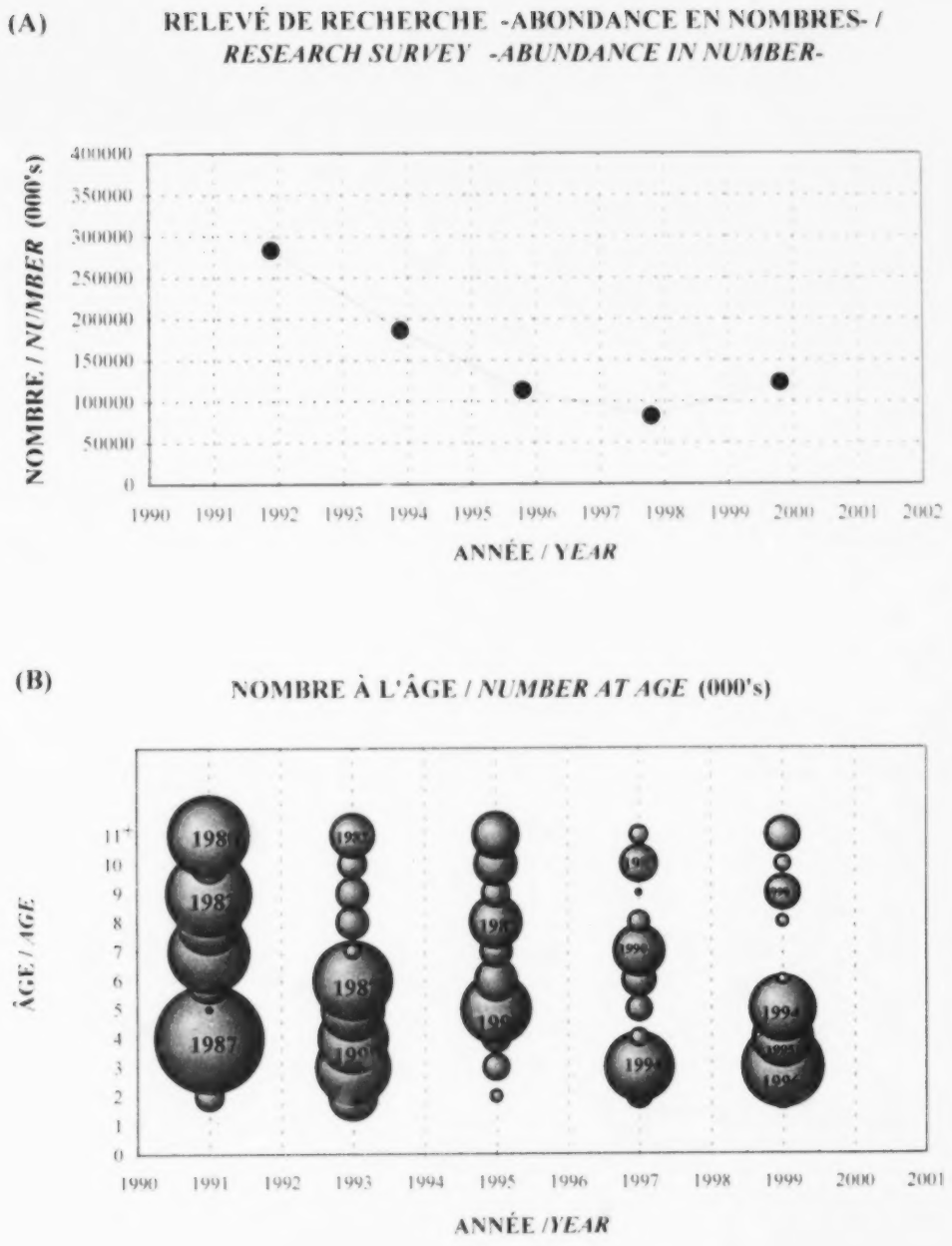


Figure 5. Résultats des relevés acoustiques pour les harengs reproducteurs de printemps de la division 4R: A- Nombre total (000's). B- Nombre (000's) à l'âge (les classses d'âge dominantes sont présentées) et C- Biomasse totale (t) et erreur-types / *Results of the Acoustic surveys for the spring spawner herring of NAFO Division 4R: A- Total number (000's). B- Number (000's) at age (strong year-classes indicated). and C- Total biomass (t) and standard errors.*

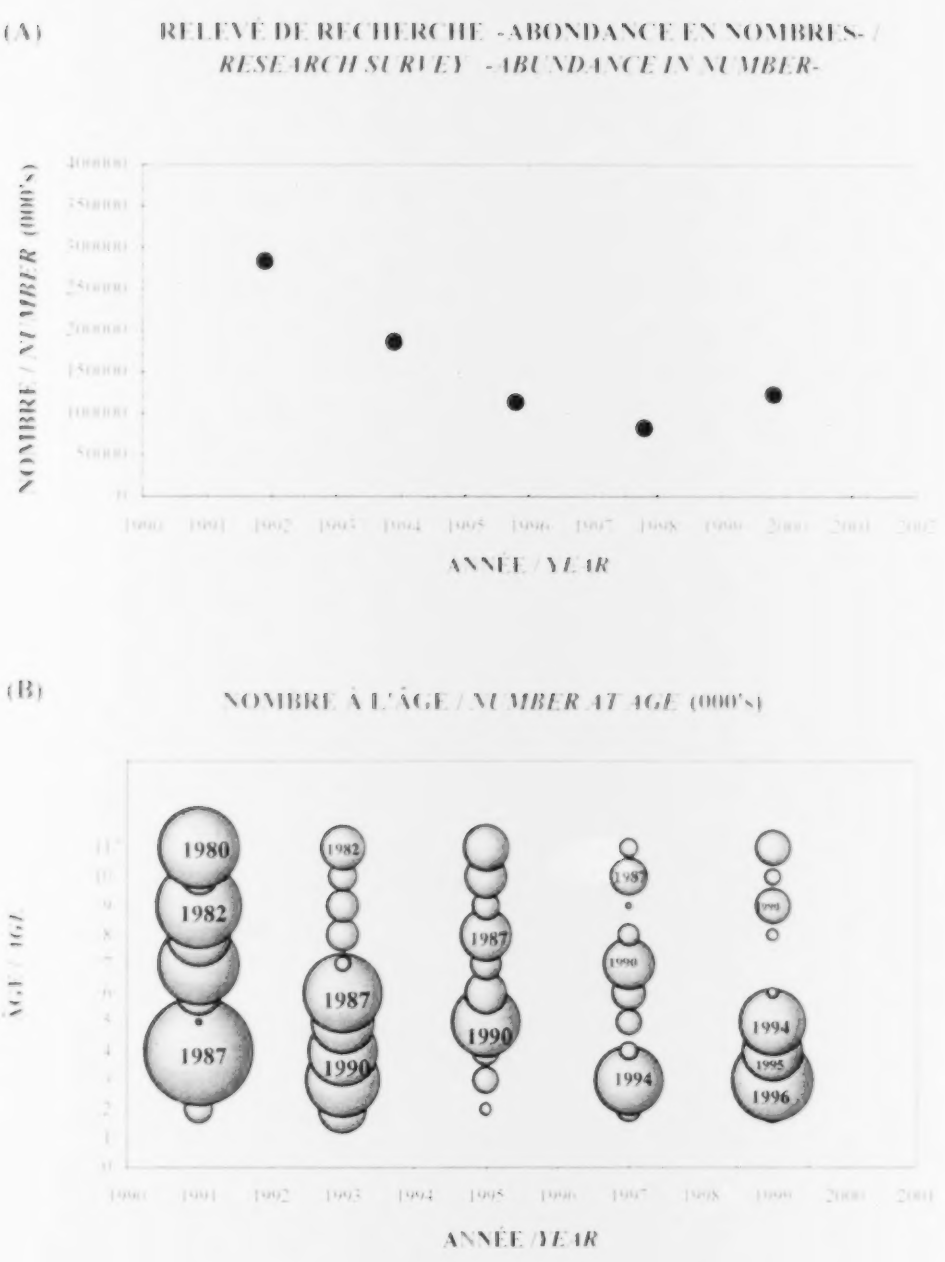


Figure 5. Résultats des relevés acoustiques pour les harengs reproducteurs de printemps de la division 4R: A- Nombre total (000's), B- Nombre (000's) à l'âge (les classses d'âge dominantes sont présentées) et C - Biomasse totale (t) et erreur-types. *Results of the Acoustic surveys for the spring spawner herring of NAFO Division 4R: A- Total number (000's), B- Number (000's) at age (strong year-classes indicated), and C - Total biomass (t) and standard errors.*

(C)

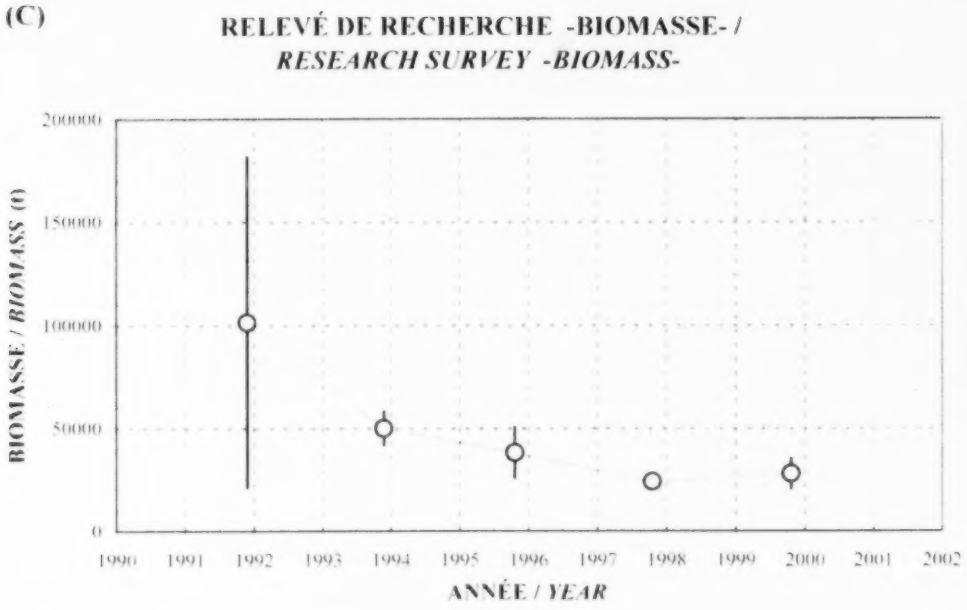


Figure 5. (Suite / *Continued*).

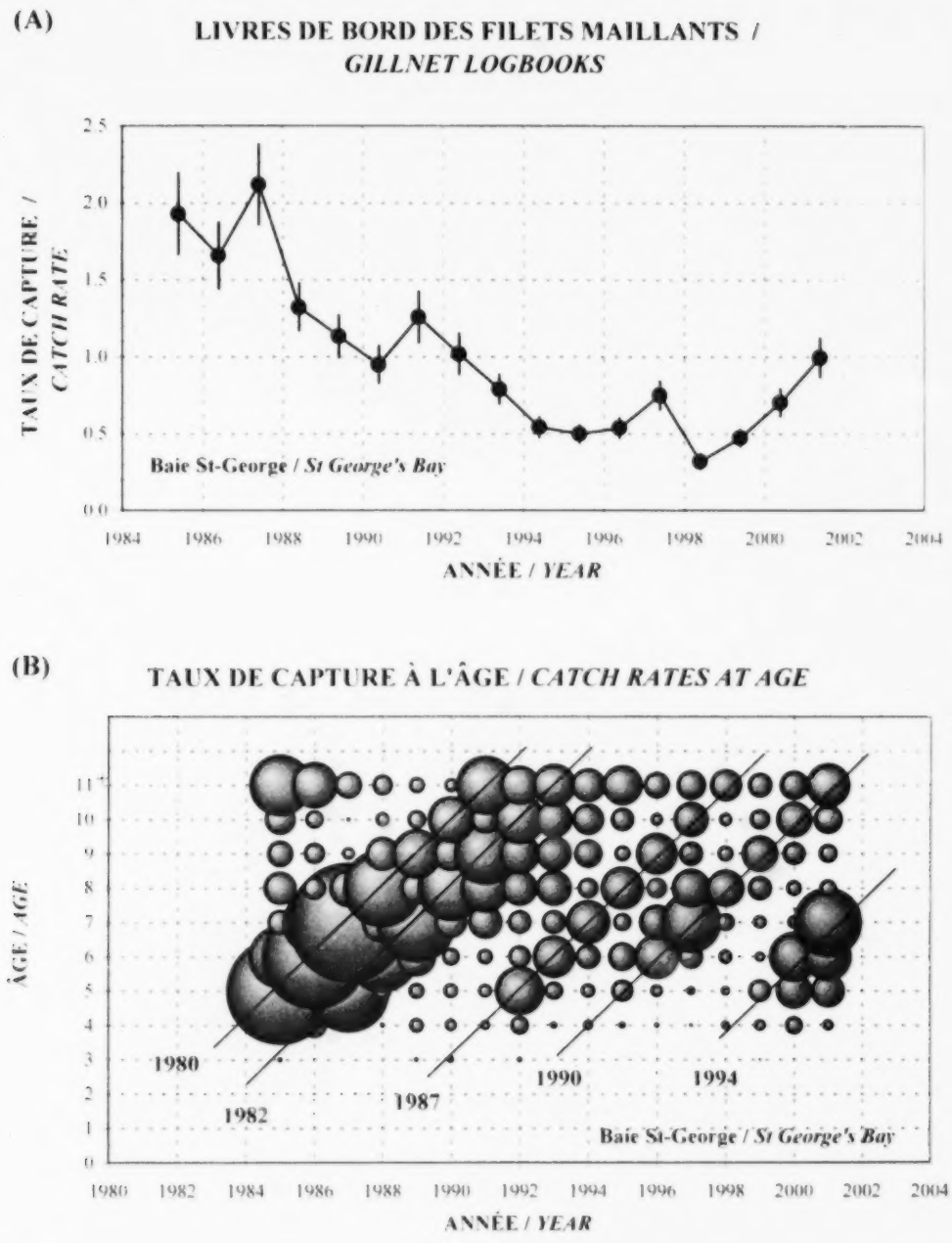


Figure 6. Taux de capture normalisés (unité arbitraire) et erreur-types par année (A) et à l'âge (B) pour les harengs reproducteurs de printemps de la baie St-Georges (les classes d'âges dominantes sont aussi indiquées) / *Normalized catch rates (arbitrary unit) and standard errors by year (A) and age (B) for the spring spawner herring of St George's Bay (dominant year-classes are also indicated).*

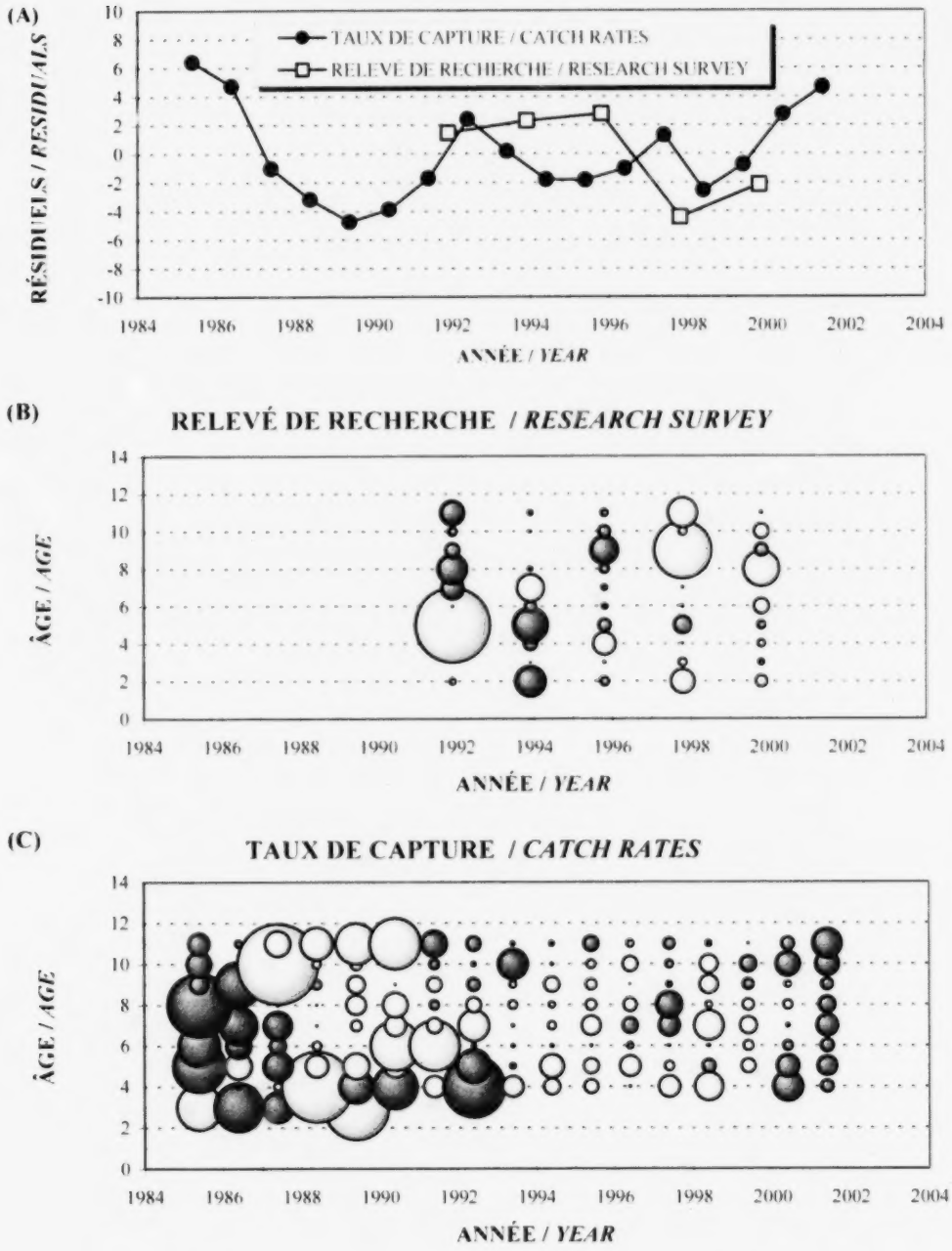


Figure 7. Résiduels annuels (A) et par groupe d'âge pour les indices reliés au relevé de recherche (B) et à la pêche aux filets maillants (C) (les cercles foncés représentent les valeurs positives. et les cercles blancs les valeurs négatives: la taille des valeurs est représentée par le diamètre des cercles) / *Annual (A) and by age-group residuals for the research survey (B) and gillnet fishery (C) (dark circles indicate positive values, white negative values: circles diameter is proportional to the values magnitude).*

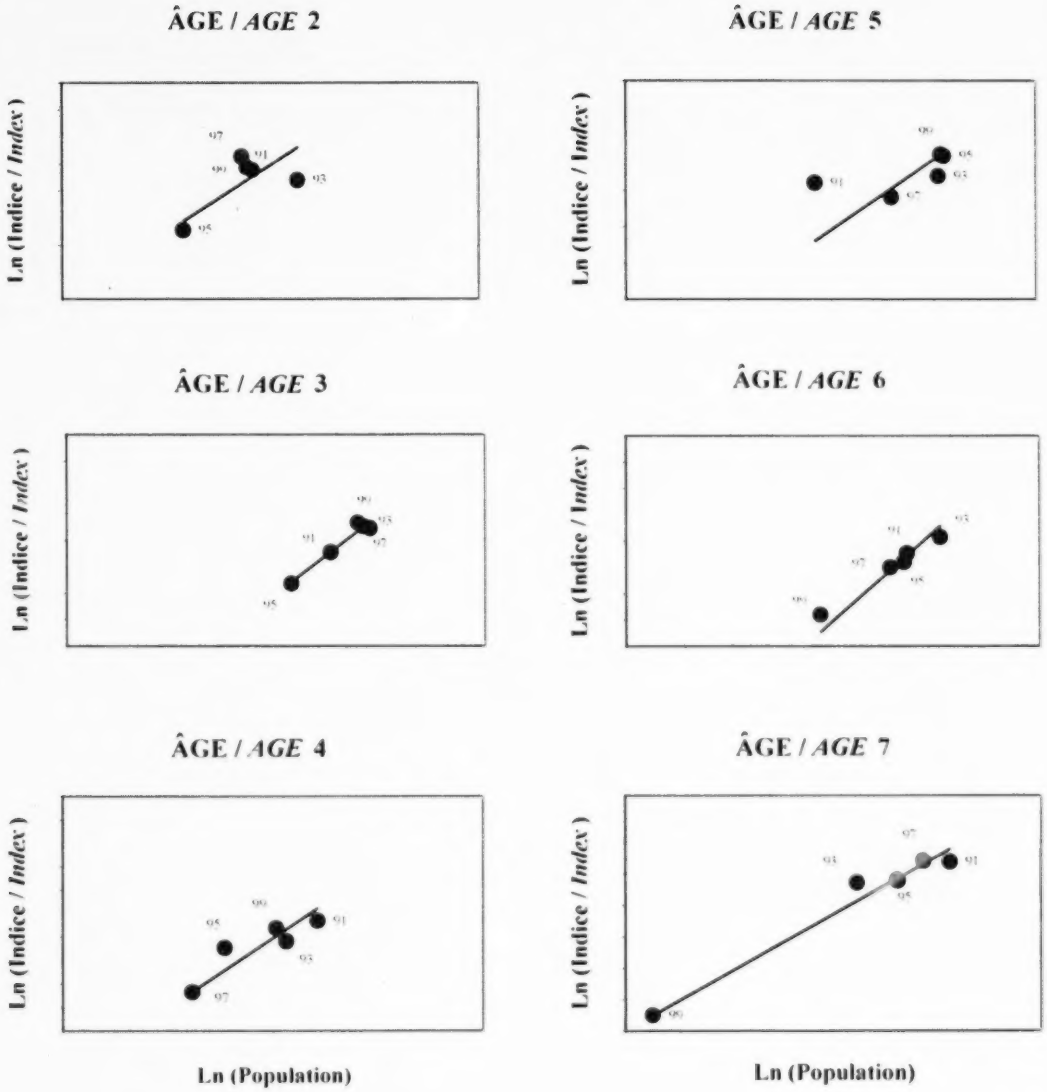


Figure 8. Graphiques par groupe d'âge des valeurs observées et prédites des Ln de l'indice d'abondance du relevé de recherche versus les Ln de la population en nombre pour les harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO (les années sont aussi représentées) / *Age by age plots of the observed and predicted Ln abundance index from the research survey versus Ln population numbers for the spring spawner herring of NAFO Division 4R (years are also indicated).*

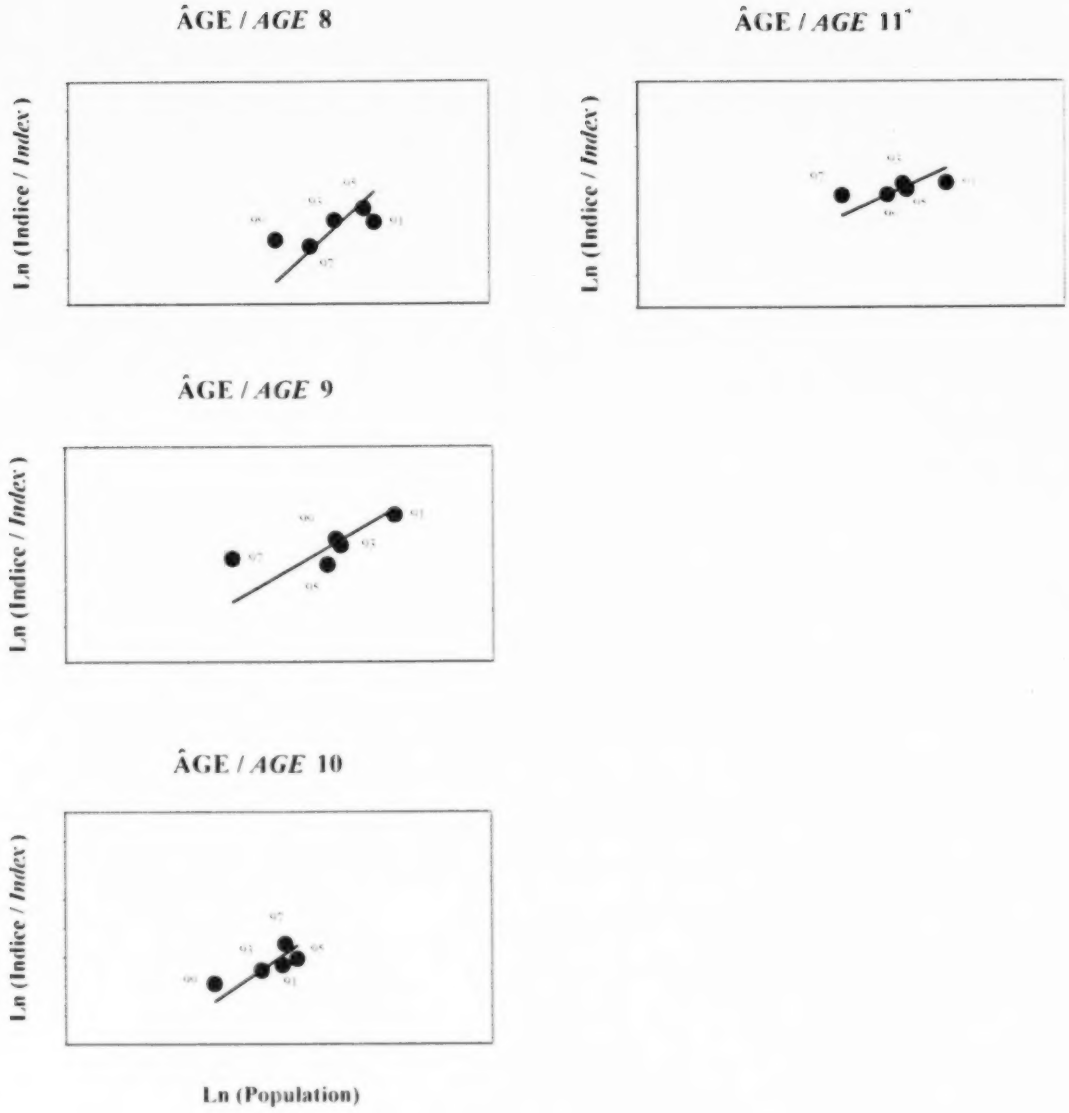


Figure 8. (Suite / *Continued*).

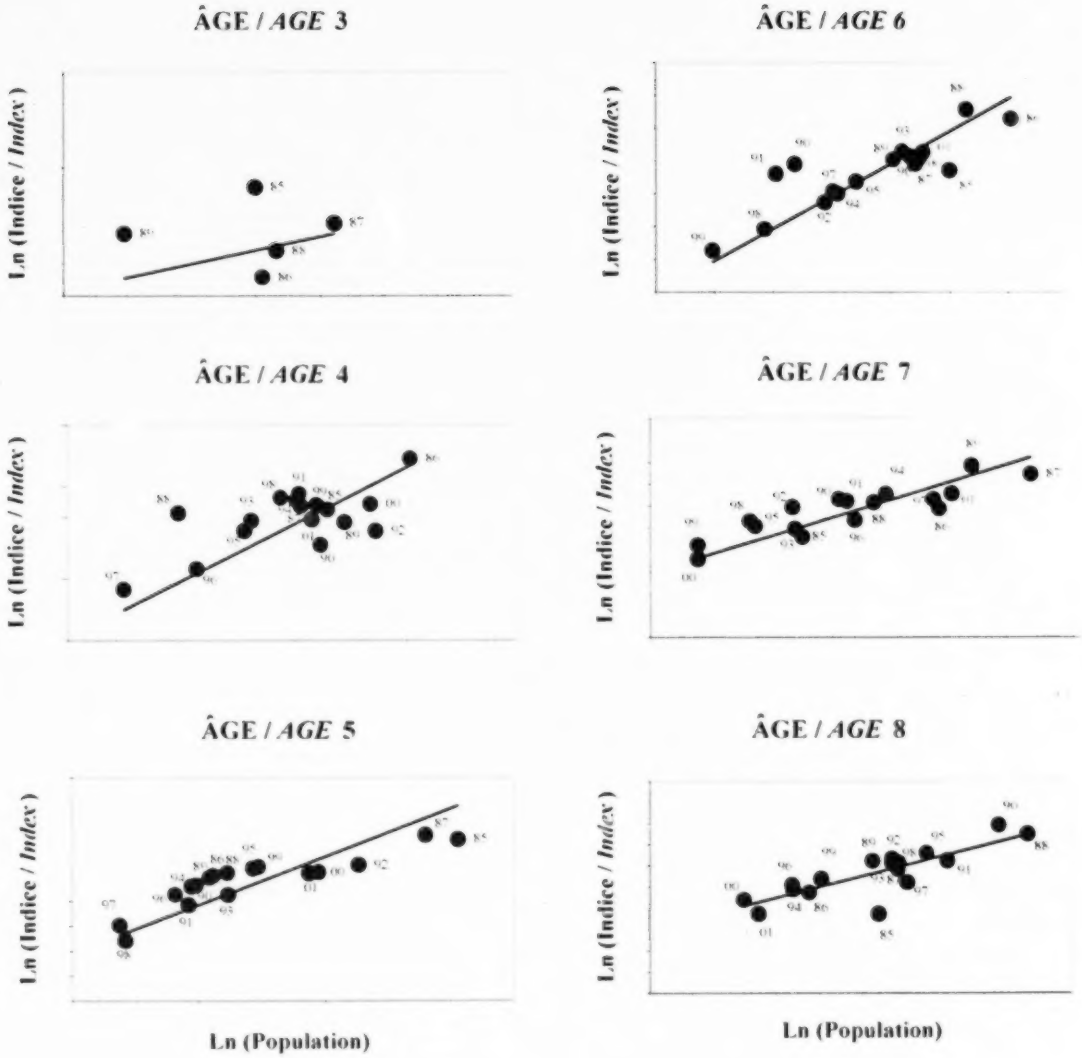


Figure 9. Graphiques par groupe d'âge des valeurs observées et prédites des Ln de l'indice d'abondance des filets maillants versus les Ln de la population en nombre pour les harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO (les années sont aussi représentées) / *Age by age plots of the observed and predicted Ln abundance index from the gillnet fishery versus Ln population numbers for the spring spawner herring of NAFO Division 4R (years are also indicated).*

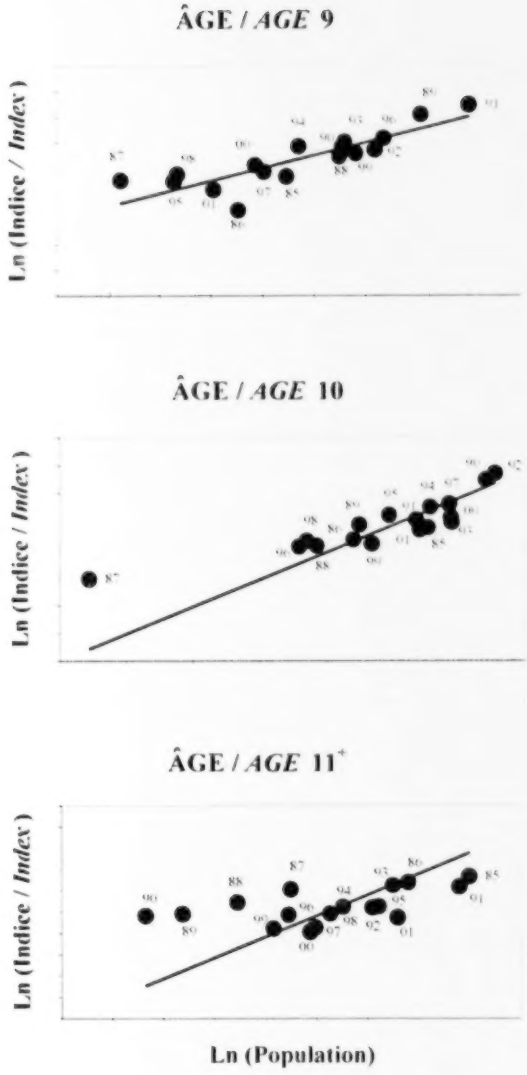


Figure 9. (Suite / *Continued*).

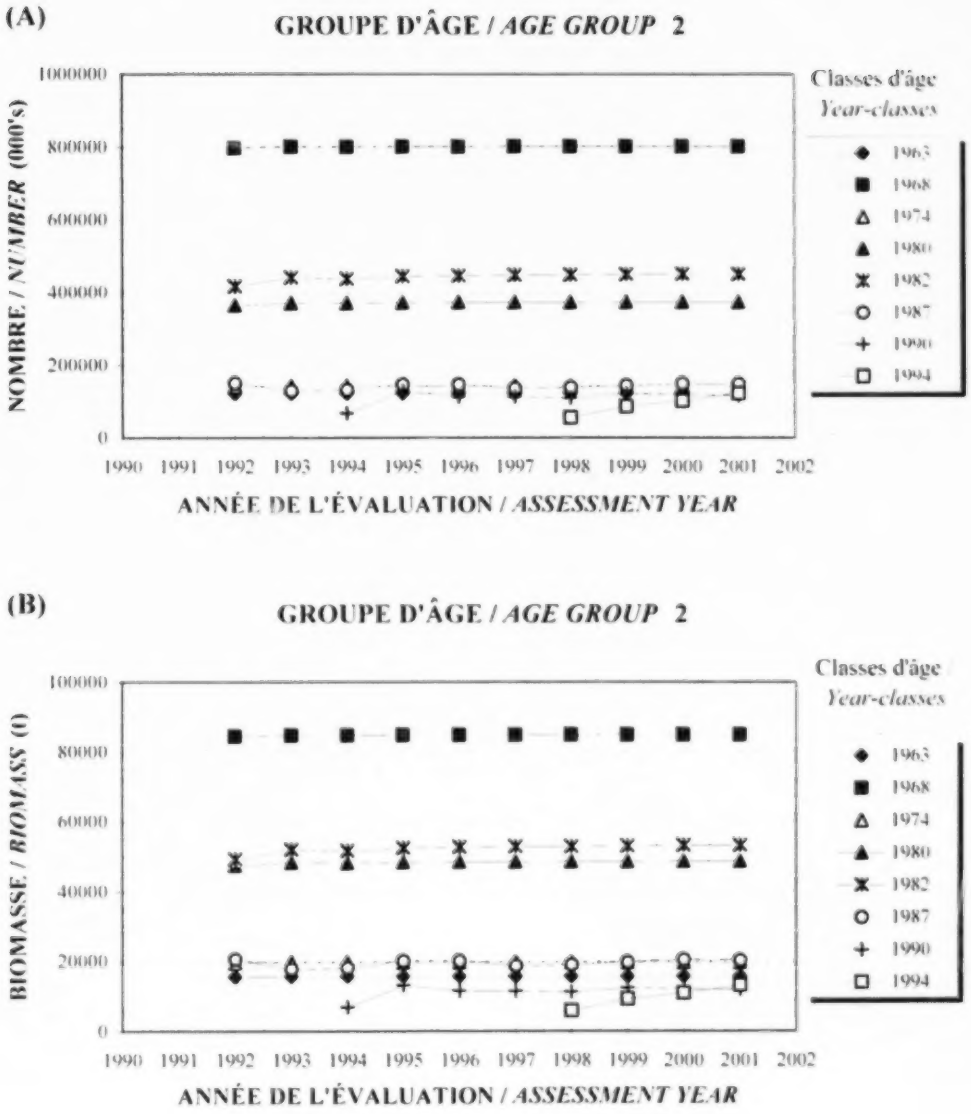


Figure 10. Estimations successives de l'abondance en nombre (A) et en tonnes (B) des classes d'âge (à l'âge 2) qui ont dominé depuis 1965 la pêche des harengs reproducteurs de printemps dans la division 4R de l'OPANO / *Successive estimates of the abundance in numbers (A) and in tonnes (B) of the year-classes (at age 2) that have dominated the spring spawner herring fishery in NAFO Division 4R since 1965.*

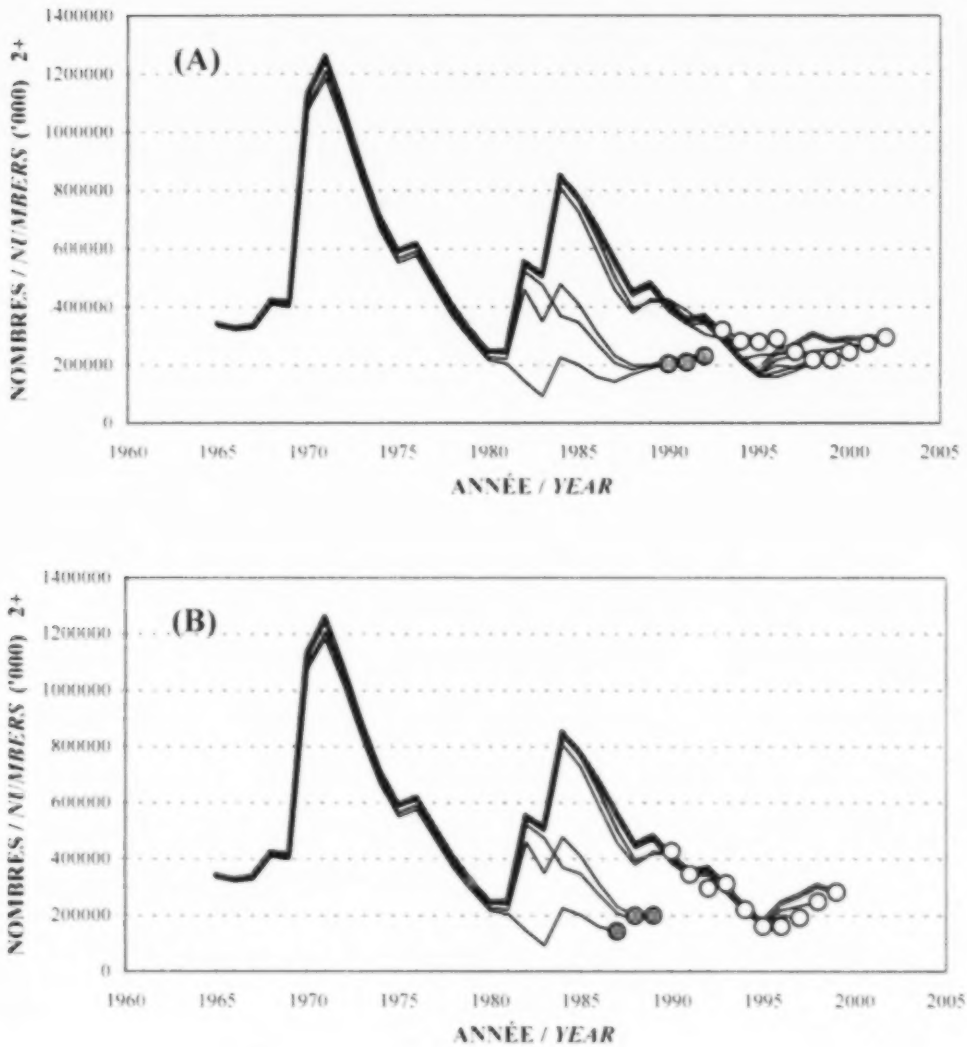


Figure 11. Estimations rétrospectives de l'abondance en nombres (000's) des groupes d'âge 2+ des harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO: (A) avec un recrutement moyen à l'âge 2 fixé pour les classes d'âge 1998 à 2000. (B) sans ces trois classes d'âge: les cercles gris représentent les analyses réalisées avec l'indice des filets maillants seulement / *Retrospective estimates of the abundance in numbers (000's) for the age groups 2+ spring spawner herring of NAFO Division 4R: (A) with a mean recruitment fixed at age 2 for the year-classes 1998 to 2000. (B) without these three year-classes: grey circles represent the analyses realised with the gillnets index only.*

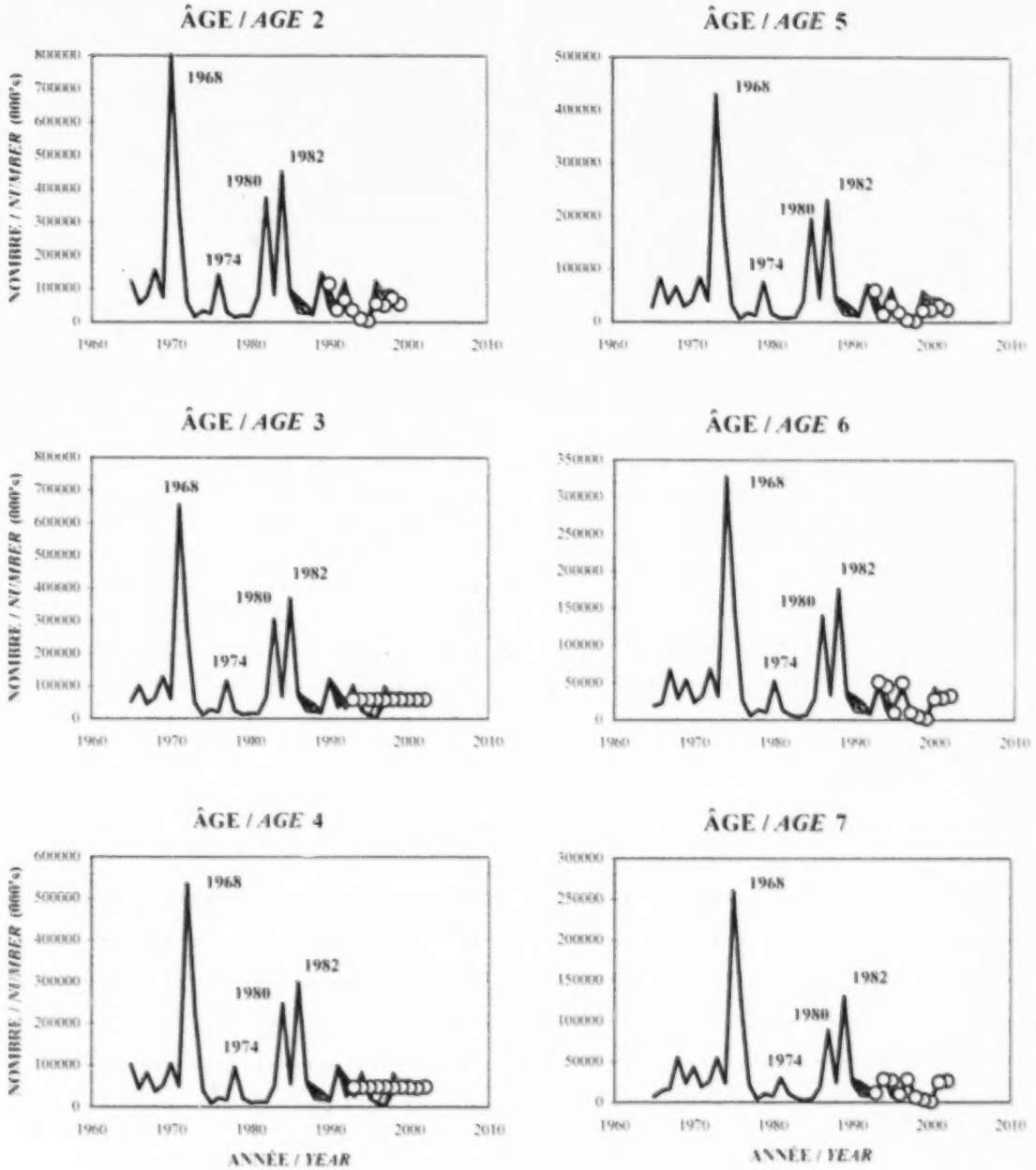


Figure 12. Estimations rétrospectives par groupe d'âge de l'abondance en nombres (000's) des harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO (les classes d'âge abondantes sont aussi représentées) / *Retrospective estimates by age group of the abundance in numbers (000's) of the spring spawner herring of NAFO Division 4R (dominant year-classes are also indicated).*

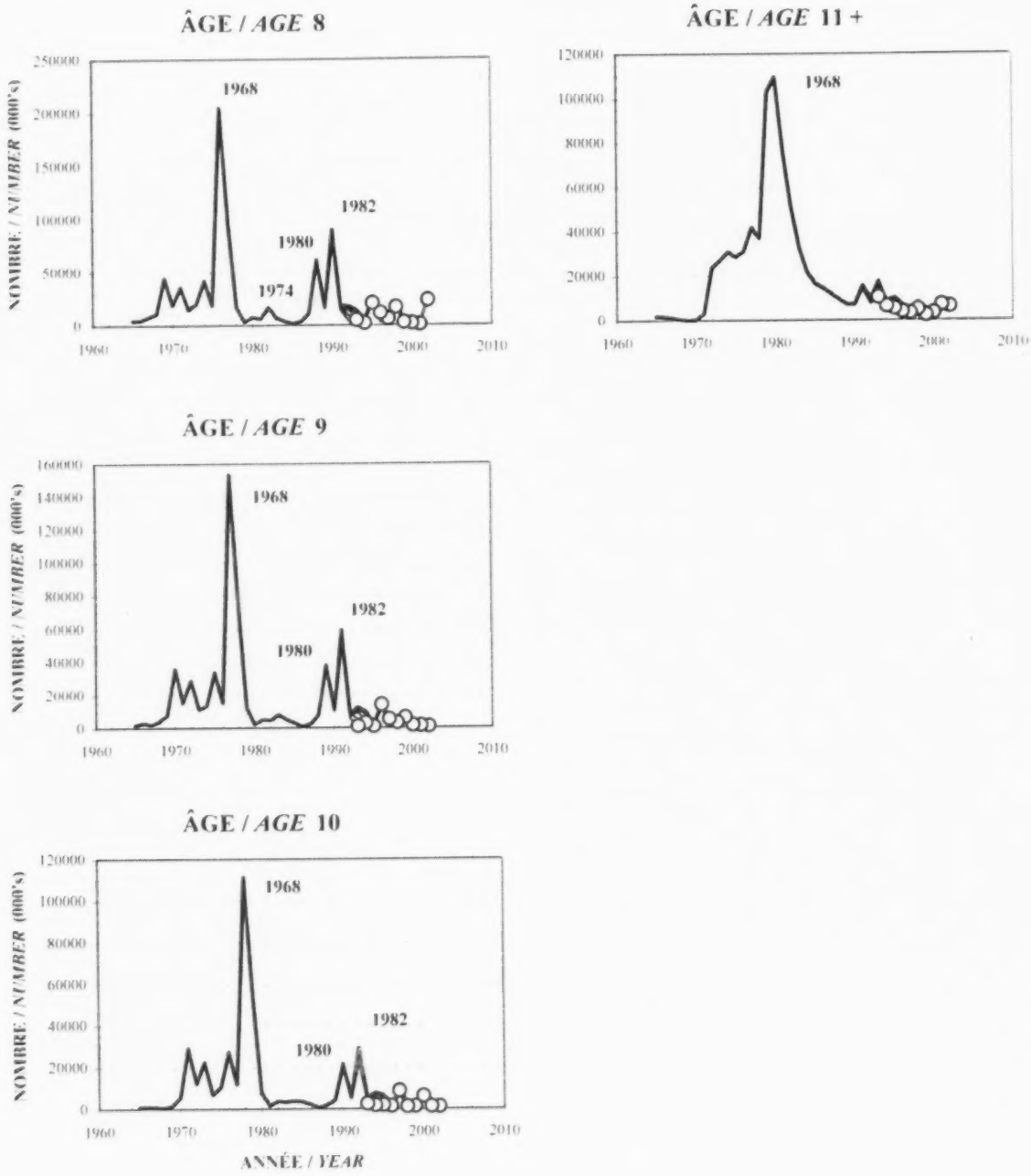


Figure 12. (Suite / *Continued*).

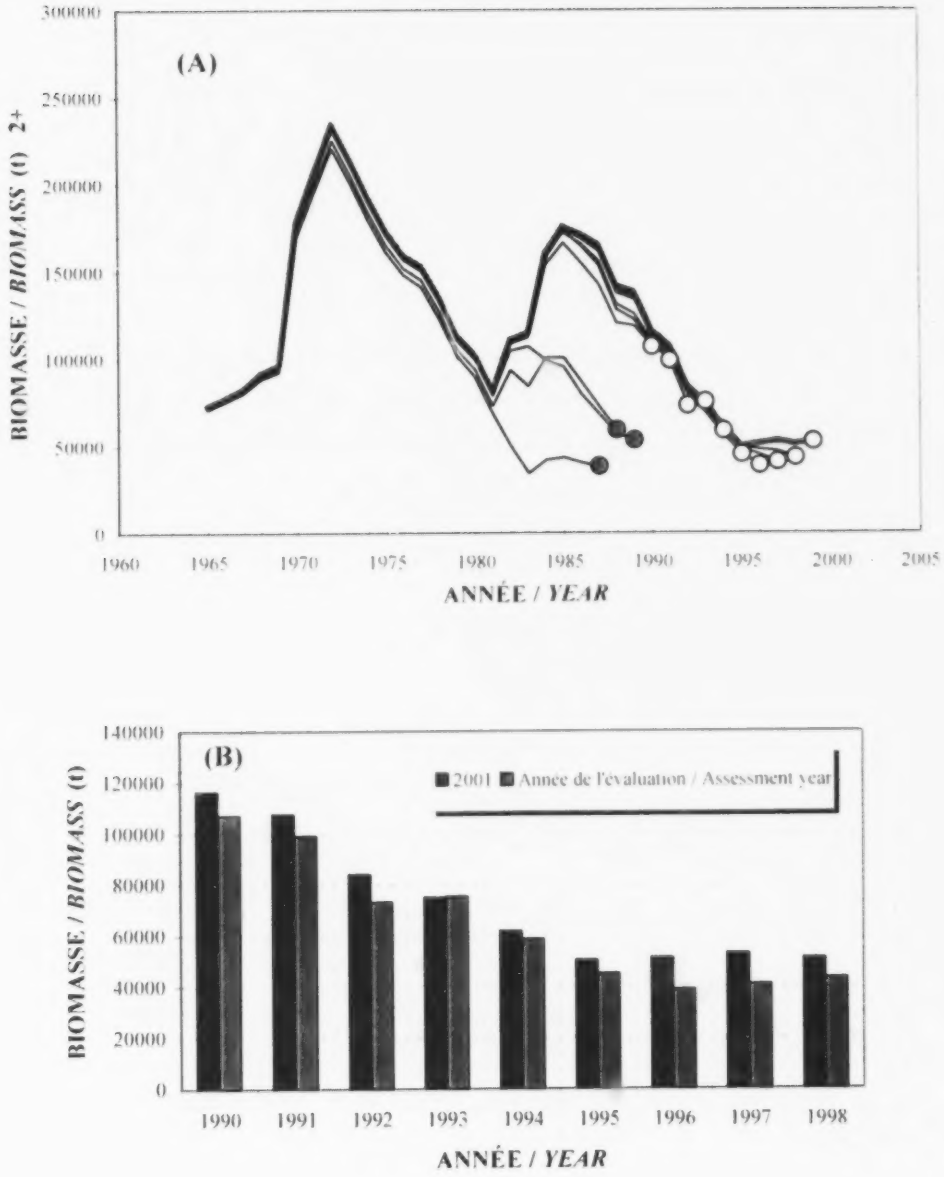


Figure 13. Estimations rétrospectives de la biomasse des groupes d'âge 2+ (A) et estimations successives de la biomasse (B) pour les harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO / *Retrospective estimates of the age groups 2+ biomass (A) and successive estimates of the biomass (B) for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.*

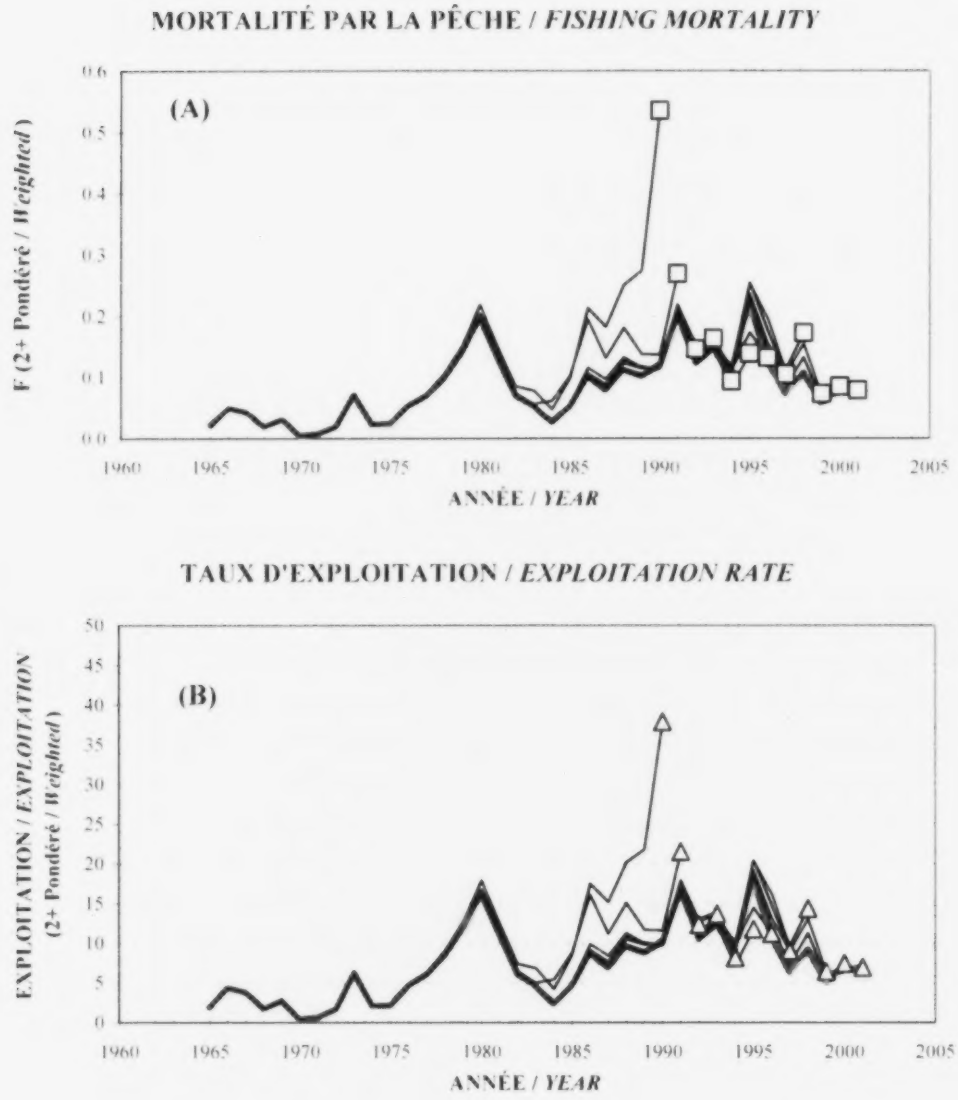


Figure 14. Estimations rétrospectives des taux instantanés de mortalité par la pêche F (A) et d'exploitation (B) pour les groupes d'âge 2+ des harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO (les taux de mortalité ont été pondérés par l'abondance de la population en nombres) / *Retrospective estimates of the instantaneous rates of fishing mortality F (A) and exploitation (B) for the age groups 2+ of the spring spawner herring of NAFO Division 4R (mortality rates have been weighted by the population numbers).*

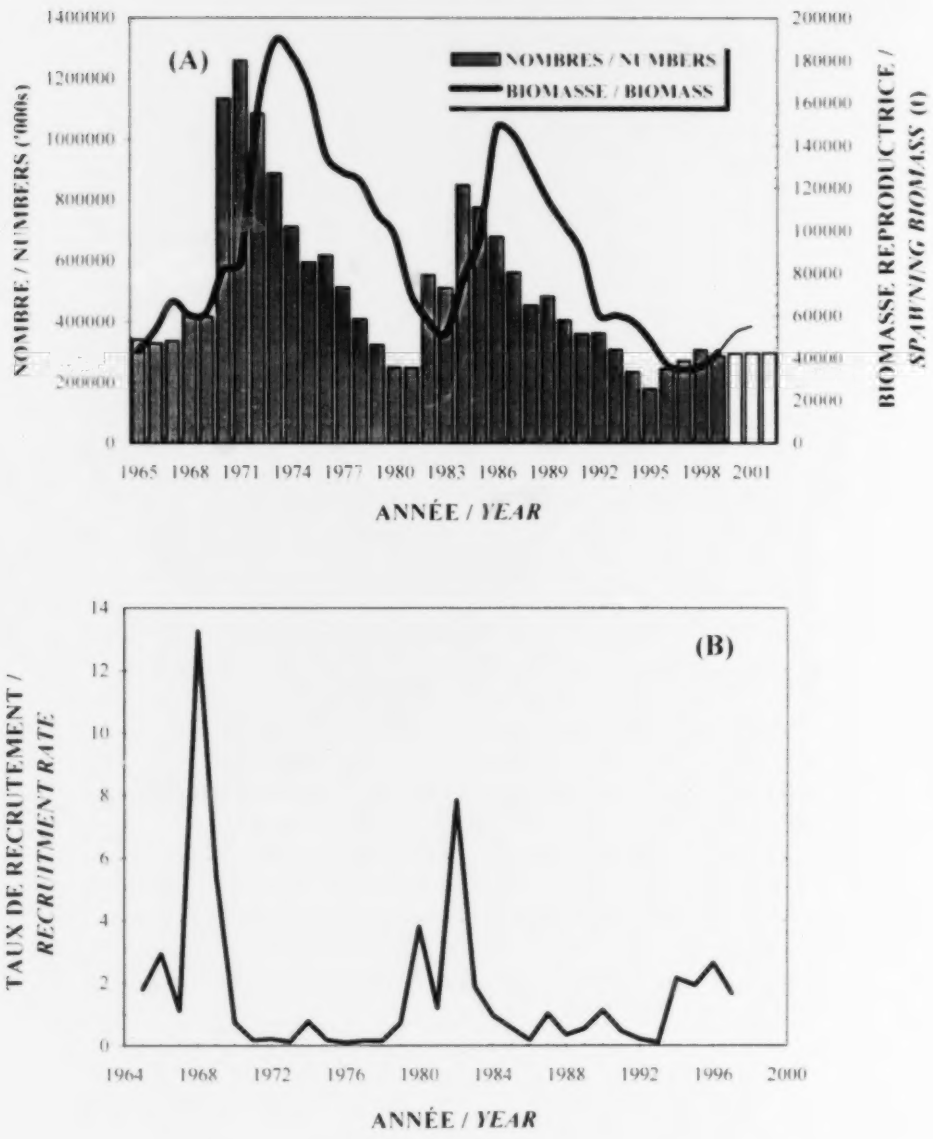


Figure 15. Biomasse reproductrice, nombre total (A), taux de recrutement (B) et recrutement (C) à l'âge 2 des harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO calculés selon l'ASP pour la période de 1965 à 2002 / *Spawning biomass, total numbers (A), recruitment rates (B) and recruitment at age 2 (C) for the spring spawner herring of NAFO Division 4R calculated by the SPA for the years 1965 to 2002 (data incomplete since 2000).*

Note: Les lignes horizontales représentent 3 niveaux de recrutement: bas, moyen, et élevé (un recrutement moyen a été attribué aux classes d'âge de 1998, 1999 et 2000) / *The horizontal lines represent three levels of recruitment: low, average and high (the 1998, 1999 and 2000 year-classes have been set at an average recruitment level).*

Figure 15. (Suite / *Continued*).

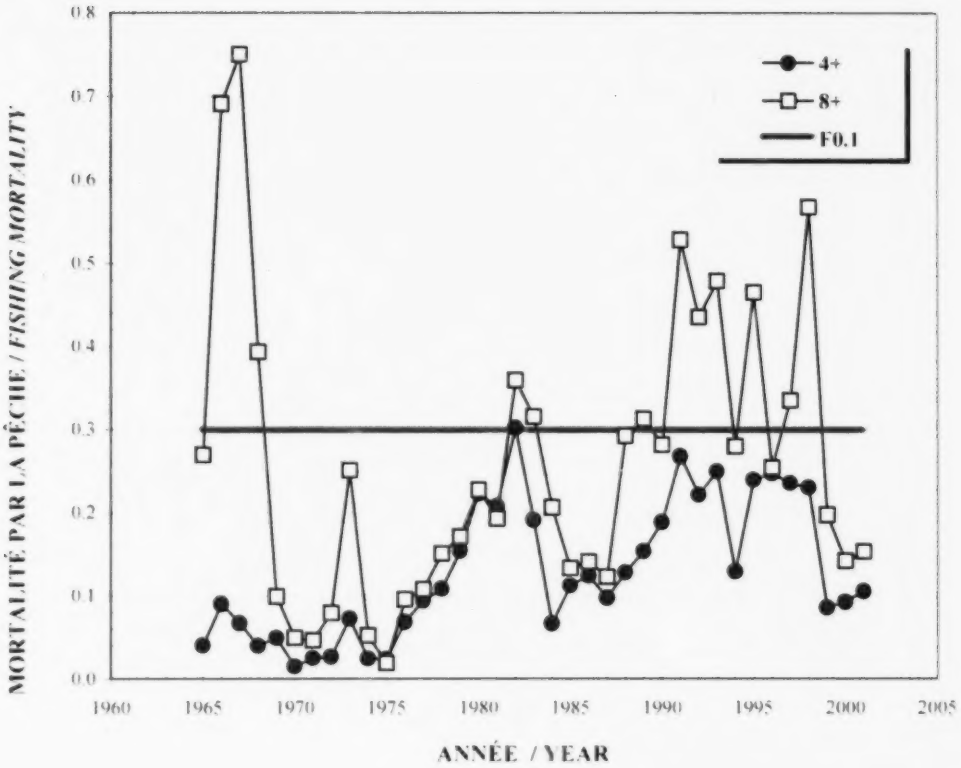


Figure 16. Taux instantanés de mortalité par la pêche (âges 4+ et 8+ pondérés par les nombres à l'âge) pour les harengs reproducteurs de printemps de la division 4R de l'OPANO / *Instantaneous fishing mortality rates (ages 4+ and 8+ weighted by the numbers at age) for the spring spawner herring of NAFO Division 4R.*

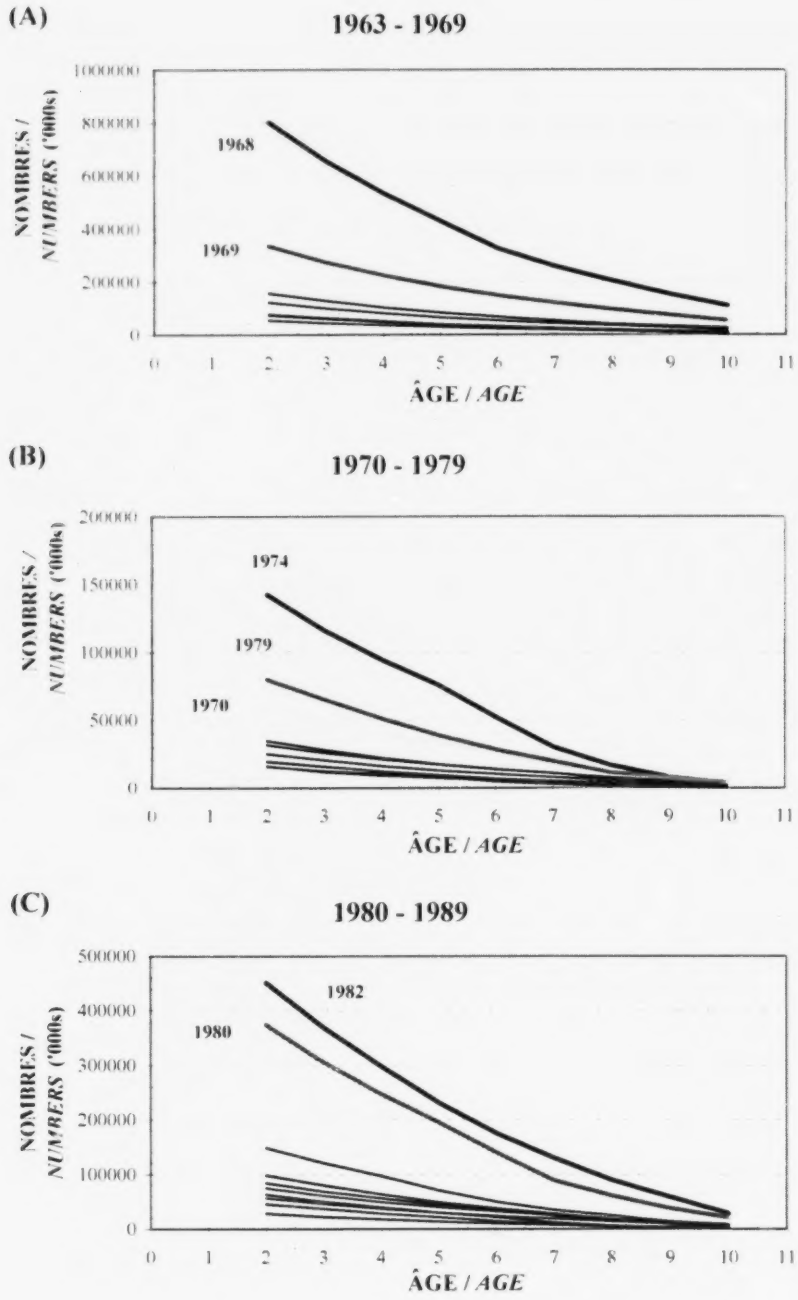
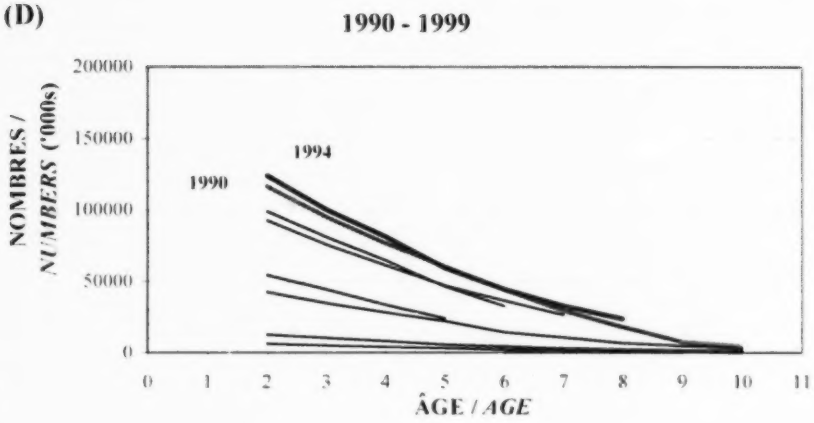


Figure 17. Déclin de l'abondance en nombre (000's) des harengs reproducteurs de printemps des classes d'âge suivantes: (A) 1963 à 1969, (B) 1970 à 1979, (C) 1980 à 1989, et (D) 1990 à 1999 / *Decay of the abundance in number (000's) of the following spring spawner herring year-classes: (A) 1963 to 1969, (B) 1970 to 1979, (C) 1980 to 1989, and (D) 1990 to 1999.*



Note: Les classes d'âge les plus importantes sont aussi identifiés / *The most important year-classes are also specified.*

Figure 17. (Suite / *Continued*).

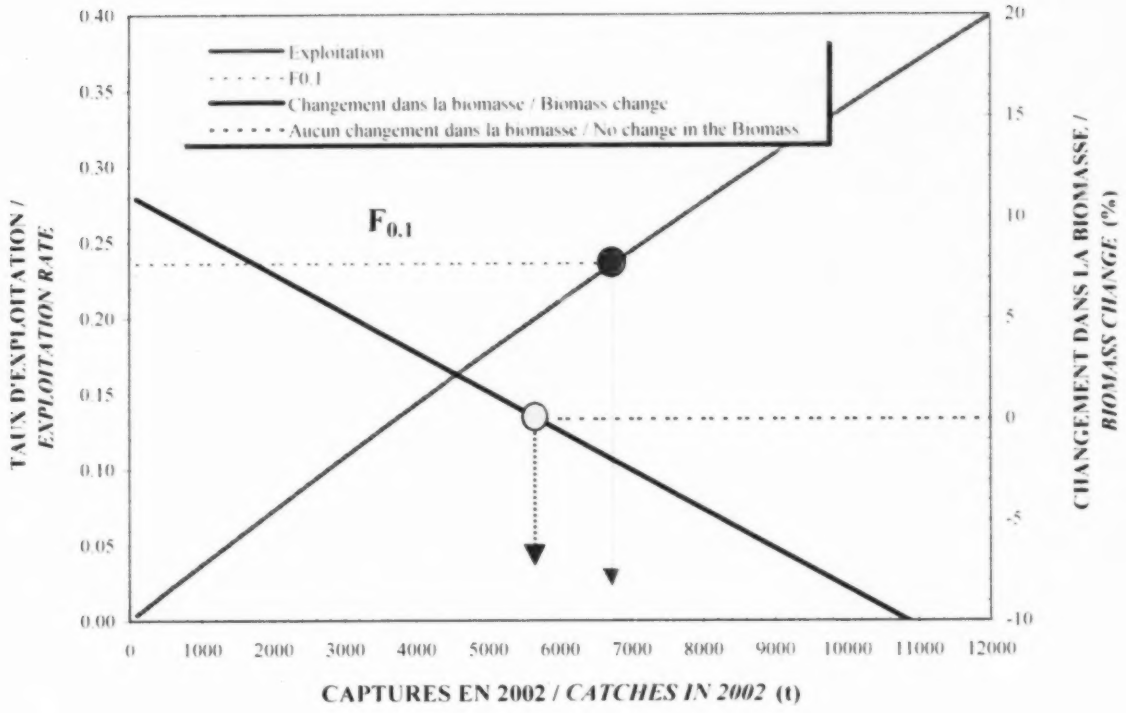


Figure 18. Détermination des captures des harengs reproducteurs de printemps en 2002 pour différents taux d'exploitation et changements dans la biomasse reproductrice / *Determination of catches of spring spawner herring in 2002 for various exploitation rates and changes in spawning biomass.*

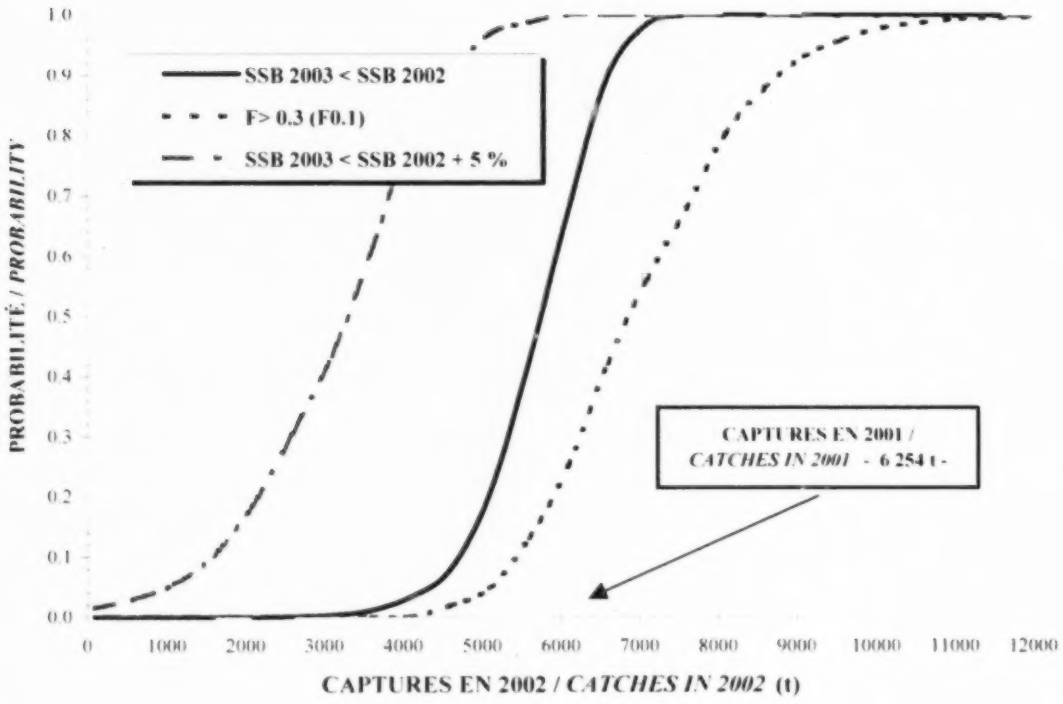


Figure 19. Analyses de risque pour différents changements de la biomasse mature (SSB) des harengs reproducteurs de printemps selon le niveau des captures de 2002 (les probabilités de dépasser $F_{0.1}$ sont aussi indiquées) / *Risk analysis for various changes in mature biomass (SSB) of spring spawner herring, by catch level in 2002 (probabilities of exceeding $F_{0.1}$ are also shown).*

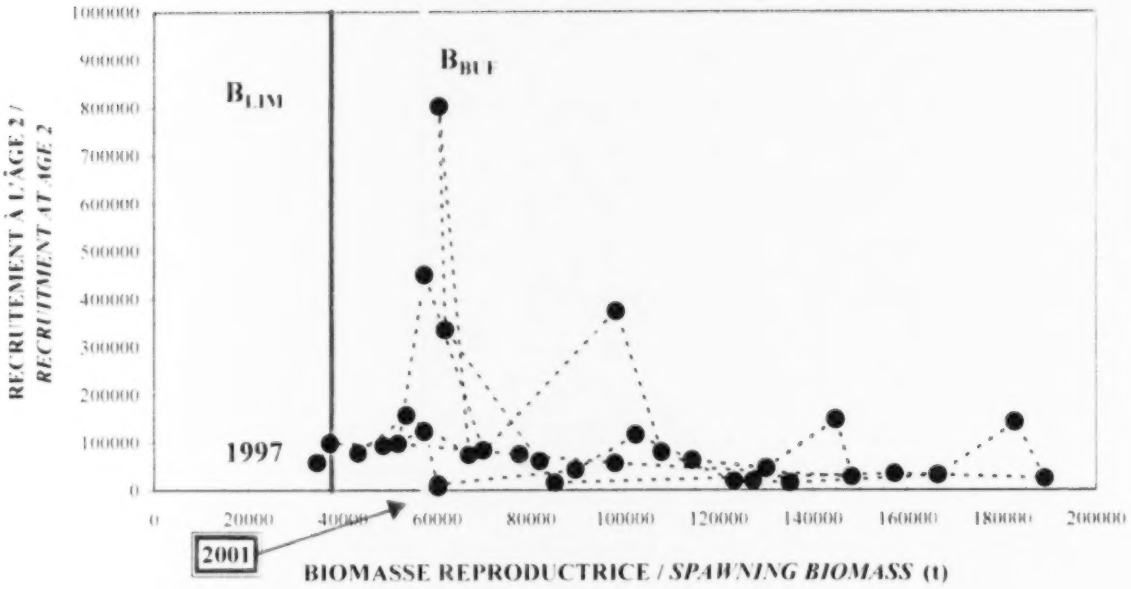


Figure 20. Relation stock-recrutement pour les harengs reproducteurs de printemps entre 1965 et 1997 (la biomasse de 2001 est indiquée de même que les limites $\mathbf{B_{LIM}}$ et $\mathbf{B_{BUF}}$) / *Stock-recruitment ratio for spring spawner herring, from 1965 to 1997 (2001 biomass is indicated, as well as B_{LIM} and B_{BUF} limits).*

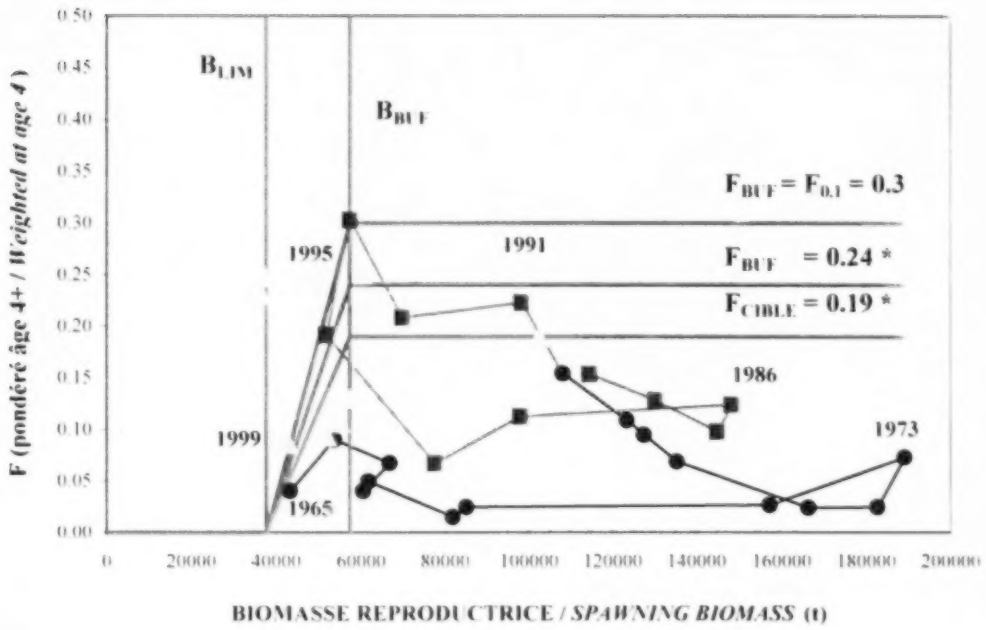


Figure 21. Relation entre le taux instantané de mortalité par la pêche et la biomasse des harengs reproducteurs de printemps (● = de 1965 à 1979; ■ = de 1980 à 1989; = de 1990 à 1999; * selon le contexte de l'approche de précaution de l'OPANO) / *Relation between the instantaneous rate of fishing mortality and biomass for the spring spawner herring (● = from 1965 to 1979; ■ = from 1980 to 1989; = from 1990 to 1999; * according to the context of the NAFO precautionary approach).*

Annexe 1. (Suite).
Annex 1. (Continued).

Source	DL/*DF*	Carrés / *Squares*	SC / *SS*	F Moyen / *Mean F*	Pr > F
Modele *Model*	40	12015.72098	300.39302	122.21	0.0001
Erreur *Error*	4823	11854.58981	2.45793		
Total Corrige *Corrected Total*	4863	23870.31079			

R-Carré / *R-Square*	C.V.	Racine MEC / *Root MSE*	CATRATE Moyenne / *Mean*
0.50338	-19.00049	1.56778	-8.25125

Source	DL/*DF*	Type III SS	Carré Moyen / *Mean Square*	Valeur de F / *F Value*	Pr > F
MOIS *MONTH*	7	1217.019831	173.859976	70.73	0.0001
ZONE *AREA*	16	1235.363876	77.210242	31.41	0.0001
ANNEE *YEAR*	17	929.143356	54.655492	22.24	0.0001

Paramètre / *Parameter*		Estimation / *Estimate*	T Pour / *For* H0: Par.=0	Pr > |T|	E.-T. / *S.E.*
		-16.90981068 B	-24.45	0.0001	0.69172828
ORDON. / *INT.*	4	5.65833434 B	9.73	0.0001	0.58165346
MOIS / *MONTH*	5	6.14031445 B	10.69	0.0001	0.57435806
	6	4.98091887 B	8.67	0.0001	0.57460884
	7	2.92067179 B	5.70	0.0001	0.51218036
	8	2.38761657 B	4.72	0.0001	0.50585922
	9	2.93054414 B	5.74	0.0001	0.51012194
	10	3.23942898 B	5.79	0.0001	0.55909043
	11	0.00000000 B			
ZONE DE PÊCHE / *FISHING AREA*	BARACHOIS BROOK	3.66203445 B	6.55	0.0001	0.55886834
	BLACK DUCK BROOK	4.20345269 B	7.70	0.0001	0.54590644
	CASTOR RIVER	3.09566232 B	5.94	0.0001	0.52119469
	EDDIES COVE E	4.52530358 B	9.76	0.0001	0.46356377
	FERROLE POINT	4.13071223 B	8.90	0.0001	0.46430212
	FISCHELLS	4.49839018 B	8.22	0.0001	0.54733140
	JOURNOIS	4.52460901 B	7.63	0.0001	0.59294628
	KIPPENS	4.62990924 B	7.94	0.0001	0.58294711
	LONG PT. (BAY)	4.42796296 B	8.11	0.0001	0.54567478
	LOURDES	3.55838779 B	6.53	0.0001	0.54469827
	MIDDLE BROOK	2.50809770 B	3.85	0.0001	0.65211169
	ROBINSONS	2.79981045 B	5.10	0.0001	0.54886911
	SANDY POINT	4.10528739 B	7.53	0.0001	0.54518989
	SHIP COVE	7.15496594 B	8.47	0.0001	0.84522256
	ST-GEORGES	4.74594125 B	8.57	0.0001	0.55355161
	ST TERESA	4.07307079 B	7.19	0.0001	0.56643950
	WHALE ISLAND	0.00000000 B			
ANNÉE / *YEAR*	1984	0.05628570 B	0.28	0.7779	0.19957183
	1985	0.66310531 B	4.27	0.0001	0.15544896
	1986	0.51045771 B	3.36	0.0008	0.15175290
	1987	0.75487494 B	5.42	0.0001	0.13917874
	1988	0.28384407 B	2.05	0.0401	0.13827426
	1989	0.12850837 B	0.90	0.3669	0.14240271
	1990	-0.04706964 B	-0.32	0.7512	0.14843087
	1991	0.23528401 B	1.55	0.1206	0.15155794
	1992	0.02318443 B	0.15	0.8771	0.14991768
	1993	-0.23196385 B	-1.63	0.1024	0.14199467
	1994	-0.60825137 B	-4.23	0.0001	0.14392443
	1995	-0.69378010 B	-5.07	0.0001	0.13696530
	1996	-0.61607713 B	-4.31	0.0001	0.14309591
	1997	-0.28348241 B	-1.97	0.0494	0.14422878
	1998	-1.13238001 B	-6.47	0.0001	0.17489938
	1999	-0.74620834 B	-5.72	0.0001	0.13036901
	2000	-0.34762514 B	-2.55	0.0107	0.13615546
	2001	0.00000000 B			